

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ
UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

**Posuzování vlivů pyrolýzních zařízení pro výrobu elektrické
energie na životní prostředí v České republice**

**Environmental Impact Assessment of Pyrolysis Technology
for Production of Electric Power in the Czech Republic**

Diplomová práce

Autor:

Bc. Jan Koňář

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Vladimír Lapčík, CSc.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Koňář**

Studijní program: N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 3904T005 Environmentální inženýrství

Téma: Posuzování vlivů pyrolyzních zařízení pro výrobu elektrické energie na
životní prostředí v České republice
Environmental Impact Assessment of Pyrolysis Technology for
Production of Electric Power in the Czech Republic

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Pyrolýza – teoretické základy procesu
3. Přehled existujících a vyvíjených pyrolyzních technologií pro energetické využití pneumatik a plastů
4. Výběr optimální pyrolyzní technologie pro energetické využití pneumatik a plastů v podmínkách České republiky
5. Zpracování případové studie - vybrané části oznámení dle příl. č. 3 k zákonu č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů.
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

LAPČÍK, Vladimír. Průmyslové technologie a jejich vliv na životní prostředí (monografie). Ostrava: VŠB-TU, HGF, IEI, 2009, 2011. ISBN 978-80-248-2015-6. 362 s.

OBROUČKA, Karel. Termické zneškodňování odpadů (skriptum). Ostrava: VŠB-TU, FMFI, 1997. ISBN 80-7078-505-5. 144 s.

LAPČÍK, Vladimír. Municipal-waste-to-energy potential. Inžynieria Mineralna (časopis). Krakov: Journal of the Polish Mineral Engineering Society, Volume XIV, No. 2(32), July - December 2013. s. 125-130. ISSN 1640-4920.

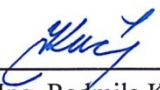
Časopis Odpadové fórum a jiné

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Vladimír Lapčík, CSc.**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016


doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová
vedoucí institutu




prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

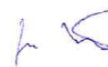
Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution - Non Commercial – Share Alike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 29.4.2016

Jan Koňář



Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu své diplomové práce panu prof. Ing. Vladimírovi Lapčíkovi, CSc. za vedení a podporu při tvorbě diplomové práce, za podnětné připomínky a vstřícnost v průběhu konzultací diplomové práce a zároveň za jeho vřelý přístup v rámci celého mého studia.

Anotace

V předložené diplomové práci je zpracován přehled pyrolýzních technologií a metod při spalování odpadu bez přístupu zplyňovacích médií. V první části je zpracována problematika pyrolýzy a pyrolýzních technologií všeobecně. Následně jsou popsána jednotlivá pyrolýzní zařízení sloužící k energetickému zpracování plastového materiálu a opotřebených pneumatik. Ve druhé části diplomové práce je zpracována případová studie – ČÁST C. – Údaje o stavu životního prostředí v dotčeném území dle zákona č. 100/2001 Sb., o posouzení vlivu na životní prostředí. Zájmovou lokalitou bylo zvoleno místo v obci Široký Důl v okrese Svitavy, který se nachází v Pardubickém kraji.

Klíčová slova: pyrolýzní děj, princip PTR, pyrolýzní pec, emise, zájmové území

Summary

This diploma thesis processes a summary of pyrolysis methods and technologies within waste incineration without an access of a gasification media. The first section describes pyrolysis issue and pyrolysis technologies in general. The following subsection describes the individual pyrolysis equipment designed for incineration of plastic materials and waste tyres. A case study is processed in the second section – PART C. – Information about the state of the environment in the affected territory according to law No. 100/2001. on Environmental Impact Assessment. The village Široký Důl in Svitavy district, located in the Pardubice region was chosen as a territory of interest.

Key words: Pyrolysis process, principle of PTR, pyrolysis furnace, emissions, territory of interest

Obsah

1	ÚVOD.....	1
2	PYROLÝZA.....	3
2.1	Základy pyrolýzy.....	3
2.2	Děje probíhající při pyrolýze	3
2.3	Produkty pyrolýzy.....	3
2.4	Pyrolýzní proces	4
2.5	Parametry ovlivňující výtěžnost pyrolýzního procesu	5
2.6	Rychlost ohřevu, tlaku, teploty a doby zadržení materiálu	5
2.7	Termochemie a reakční kinetika	6
2.8	Vliv anorganických látek.....	8
2.9	Vliv vlhkosti materiálu.....	9
3	PŘEHLED PYROLÝZNÍCH TECHNOLOGIÍ PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ PNEUMATIK A PLASTŮ ..	10
3.1	Přehled jednotlivých zařízení	11
3.1.1	DAL	11
3.1.2	Ebara	11
3.1.3	Kobe Steel	12
3.1.4	Tsukishama.....	13
3.1.5	Pirotex	14
3.1.6	XY – 8 Pyrolysis.....	15
3.1.7	XY – 9 Pyrolysis.....	17
3.2	Syntetické složky odpadů.....	18
3.2.1	Pyrolýza plastů	18
3.3	Možnosti využití produktů pyrolýzy.....	20
3.3.1	Pyrolytický plyn	20
3.3.2	Pyrolytický koks.....	21
3.3.3	Pyrolytická kapalina	21
4	VÝBĚR OPTIMÁLNÍ PYROLÝZNÍ TECHNOLOGIE PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ PNEUMATIK A PLASTŮ V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY.....	24
4.1	Pyrolýzní zařízení PTR 1000 firmy HEDVIGA GROUP a.s.	24
4.1.1	Kogenerační jednotka Cento T200	29
4.1.2	Postup u zpracování starých pneumatik	31

4.2	Pyrolýzní zařízení Dr. Inž. Marka Pilawského	32
4.3	Pyrolýzní zařízení ZEVO Litvínov.....	33
4.3.1	Jednotka na třídění a sušení komunálního odpadu	35
4.3.2	Jednotka pyrolýzní pece.....	35
4.3.3	Spalovací komora	37
4.3.4	Parní generátor tepla (HRSG), výroba elektrické energie	38
4.3.5	Jednotka pro čištění plynu	38
5	VÝSLEDKY PROVOZNÍCH ZKOUŠEK A EMISNÍCH ZAŘÍZENÍ VYBRANÉHO PYROLÝZNÍHO ZAŘÍZENÍ.....	40
5.1	Přehled zařízení.....	40
5.2	Naměřené výsledky pyrolýzního zařízení PTR 1000.....	40
6	ZPRACOVÁNÍ PŘÍPADOVÉ STUDIE.....	42
6.1	ČÁST C. - Údaje o stavu životního prostředí v dotčeném území	42
6.1.1	Výčet nejzávažnějších environmentálních charakteristik dotčeného území	42
6.1.2	Zvláště chráněná území, přírodní parky, významné krajinné prvky.....	46
6.1.3	Lokality soustavy Natura 2000	53
6.1.4	Území historického, kulturního nebo archeologického významu.....	55
6.1.5	Území hustě zalidněná	56
6.1.6	Území zatěžovaná nad míru únosného zatížení, staré ekologické zátěže, extrémní poměry v dotčeném území	57
6.2	Charakteristika současného stavu životního prostředí v dotčeném území	58
6.2.1	Ovzduší, klima	58
6.2.2	Voda	63
6.2.3	Půda, horninové prostředí a přírodní zdroje.....	65
6.2.4	Fauna a flóra.....	66
6.2.5	Kulturní památky.....	68
6.3	Celkové zhodnocení kvality životního prostředí v dotčeném území z hlediska jeho únosného zatížení	69
7	ZÁVĚR.....	70
8	POUŽITÁ LITERATURA	71
9	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	78
10	SEZNAM TABULEK	79

1 ÚVOD

Vlivem ekonomického nárůstu se neustále zvyšuje spotřeba energií a zdrojů látek a dochází k vyšší produkci odpadů. V členských státech EU bylo v roce 2009 vyprodukováno celkem 5,9 tun odpadu na osobu. Odpady mají negativní dopad na životní prostředí, emisemi se dostávají téměř do všech jeho složek, je tedy potřeba předcházet vzniku odpadů. Způsob nakládání s odpady by měl být volen co nejlépe, aby následovně nepříznivé účinky byly co nejvíce minimalizovány. Energetické využívání odpadů zajišťuje nejen ochranu životního prostředí likvidováním odpadů, ale také úsporu zdrojů či surovin, ze kterých by byly použity.

V České republice stanovuje hierarchii nakládání s odpady platná legislativa. Právními předpisy Evropské Unie jsou směrnice Rady 75/442/EHS o odpadech a směrnice Rady 91/156/EHS, která doplňuje směrnici Rady 75/442/EHS o odpadech. Tyto dokumenty uvádí, že členské státy EU jsou povinny zajistit předcházení a omezování vzniku odpadů a jejich škodlivost a využívání odpadů recyklací nebo jinou činností zaměřenou na získávání druhotných surovin či používání odpadů jako zdroje energie. Dále mají členské státy postavit síť zařízení na odstraňování odpadů s využíváním nejlepších dostupných technologií, nevyžadujících nadměrné náklady. Síť má umožnit úplnou soběstačnost v rámci odstraňování odpadů a dále zajistit, aby byly odpady odstraněny ve vhodných zařízeních za použití nejvhodnějších technologií a metod.

V zákoně o odpadech je v § 11 stanoveno přednostní využívání odpadu. Uvádí, že má každý při činnosti s odpady povinnost v mezích uvedených tímto zákonem zajistit přednostně využití odpadů před odstraněním. Dle posuzování vhodného způsobu odstraňování odpadů je vždy upřednostněn způsob zajišťující vysokou ochranu životního prostředí a lidského zdraví.

Je potřeba hledat nové možnosti zpracovávání a využívání odpadů a vylepšovat současné technologické postupy, které lze materiálově nebo energeticky využívat. Jednou z možností je pyrolýza. Pyrolýzním zpracováním odpadů se rozumí energetické využívání odpadů v závislosti na konečném využití pyrolýzních produktů. Ve světě je v současnosti řada zařízení využívajících pyrolýzu pro energetické zpracování surovin. Jsou zde také zařízení pro využívání jednotlivých složek odpadů – papír, textil, PVC, pneumatiky atd.

Cílem diplomové práce je zaměřením se na vlivy pyrolýzních zařízení pro výrobu elektrické energie. Jsou zde popsány existující pyrolýzní technologie pro využití plastů a pneumatik. Při tvorbě diplomové práce bylo hlavní zaměřením na zpracování případové studie - vybrané části oznámení dle přílohy č. 3 k zákonu č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů.

2 PYROLÝZA

2.1 Základy pyrolýzy

Pyrolýza je fyzikálně – chemický proces, který probíhá za nepřístupu kyslíku, při kterém se daná surovina termicky rozkládá na nízkomolekulární látky a tuhý zbytek. Na vstupní materiál působí teplota, která přesáhne jeho mez chemické stability [1].

V první fázi procesu dochází k sušení a odštěpení vody – k tvorbě vodní páry. V další fázi, tzv. suché destilaci se z vysokomolekulárních látek odštěpují boční řetězce a vznikají plynné a kapalně organické produkty. Následně se vytvoří pevný uhlíkatý zbytek. V poslední fázi procesu se produkty ze suché destilace štěpí dále a z organických látek se vytvoří stabilní plyny (H_2, CO_2, CO)[2].

2.2 Děje probíhající při pyrolýze

Při procesu pyrolýzy prochází zahřívaný materiál několika stupni, pro které je typické určité rozmezí hodnot. Při teplotách do $150^{\circ}C$ dojde k odpaření volné a hrubé vody a k desorpci adsorbovaných látek (CO_2, C_2H_6, N_2). Postupně se z materiálu začínají uvolňovat dehtové páry, vodní pára a CO_2 vznikající odštěpením hydroxylových skupin. Plynem, který se na rozmezí těchto teplot nejvíce vyvíjí, je methan. U teplot nad $500^{\circ}C$ se zastaví vývoj dehtových par a v reaktoru zůstává polokoks – pevný zbytek. Při teplotách nad $600^{\circ}C$ vycházejí z reaktoru pouze plynné produkty (se zvýšenou teplotou roste obsah H_2 a klesá obsah CH_4) a polokoks se přemění na koks [3].

2.3 Produkty pyrolýzy

Mezi hlavní pyrolýzní produkty se řadí polokoks, kapalně látky (lehký a těžký dehet, olej, pyrolýzní voda, karbonizační benzin) a pyrolýzní plyn. Množství a vlastnosti produktů pyrolýzy závisí na podmínkách procesu (tlak, teplota, rychlost ohřevu, doba zadržení produktů v reakčním prostoru, konstrukce reaktoru). Obecně platí, že s vyšší teplotou procesu klesá výtěžek polokoksu a roste výtěžek prchavých látek. U delší doby zdržení klesá výtěžek kapalných produktů kvůli probíhajícím sekundárním reakcím (polymerizace, kondenzace)[4].

Čerstvě vyrobený polokoks je velmi reaktivní a má sklon k samovznícení. Hnědouhelný polokoks obsahuje vysoké množství popelovin a není spékavý. Z polokoksu z černého uhlí se při teplotách okolo 900°C stává koks, ve kterém se nevyskytují žádné těkavé látky. Těžký dehet obsahuje vysoký obsah popelovin a uhelného prachu a může se částečně využívat v místě výroby přímo jako palivo na ohřev pyrolýzního reaktoru [2].

Pyrolýzní olej je složen z několika stovek látek. Významnou složku tvoří fenolové sloučeniny a organické kyseliny. Pyrolýzní olej se využívá při výrobě tepla a k výrobě elektřiny v kogeneračních jednotkách. V klasických dieselových motorech zabraňuje spalování vyšší kyselost olejů, vysoká viskozita a jejich nestabilita. Bio-olej se může také zplyňovat na methanol, nebo fermentací na etanol. V USA je pyrolýzní olej používán na spolu-spalování s hnědým uhlím. V Nizozemí se spaluje v elektrárně spolu se zemním plynem, ve Švédsku slouží jako palivo pro kogenerační jednotky [5].

Frakce středního oleje a lehkého dehtu obsahuje cca 70% uhlovodíků a 30% fenolů. V karbonizačním benzínu jsou uhlovodíkové látky zastoupeny až z 90%, další složkou jsou fenoly. Rafinační a hydrogenační úpravou kapalných pyrolýzních produktů lze dosáhnout produkce látek, které jsou svou kvalitou srovnatelné s kvalitou pohonných hmot vyráběných z ropy. Skladba pyrolýzního plynu se odvíjí od vlastností pyrolyzovaného materiálu a teploty procesu pyrolýzy. Pyrolýzní plyn se nejčastěji používá k ohřevu pyrolýzních reaktorů [6].

2.4 Pyrolýzní proces

K dosažení maximálního vytěžení žádaných kapalných produktů je nejvýhodnější tzv. rychlá pyrolýza, charakterizována [2]:

- Rychlým ohřevem suroviny (přímým nebo nepřímým způsobem)
- Udržováním zadané teploty (kolem 500°C)
- Krátkou dobou setrvání těkavých produktů v reaktoru

Výtěžek bio-oleje u rychlé pyrolýzy dosahuje až 70%. Pyrolyzovaná surovina by se měla úplně vysušit, aby nedošlo k nadměrnému navýšení obsahu vody v biooleji a měla by obsahovat minimum popela, který může způsobit zvýšení výtěžku polokoksu na úkor kapalných produktů [7].

Tabulka 1 Pyrolytický rozklad organického materiálu v závislosti na teplotě [8]

Teplota (°C)	Chemická reakce
150-200	Termické sušení
250	Deoxidace
320	Štěpení aromatických uhlovodíků
390	Karbonizační fáze
400	Štěpení vazeb uhlíku a kyslíku
450-600	Přeměna složek na pyrolýzní olej
600	Vznik aromátů
>600	Reakce etylenu na cyklohexan

2.5 Parametry ovlivňující výtěžnost pyrolýzního procesu

Pyrolýza je procesem komplexním, zahrnujícím vzájemné paralelní reakce. Tyto reakce včetně konečných produktů lze ovlivnit řadou faktorů. Složení produktů pyrolýzy se odvíjí od složení vstupního materiálu, poměru anorganické a organické složky, obsahu vody v materiálu a množství částic u vstupního materiálu. Výtěžnost jednotlivých frakcí pyrolýzy je dána teplotou na konci pyrolýzního procesu, rychlostí ohřevu, dobou po kterou je materiál zadržen v pyrolýzní komoře, složením a konstrukcí daného pyrolýzního zařízení. Vlastnosti pyrolýzních produktů ovlivňuje rovněž přítomnost katalyzátoru. Kvůli značné proměnlivosti jednotlivých parametrů musí být pyrolýza řízena tak, aby vycházela z konečného využití pyrolýzních produktů [9].

2.6 Rychlost ohřevu, tlaku, teploty a doby zadržení materiálu

Je možné tvrdit, že se bod štěpení u řetězce s rostoucí teplotou posune na kraje molekul, tím dojde k vytvoření uhlovodíků v plynném stavu a vodíku. Čím je větší teplota procesu, tím více se štěpí vazby s vyšší disociační energií. Při snížení teploty a zvětšení objemu paliva dojde k neúplnému rozkladu a tím se zvyšuje nárůst pyrolytického koksu a zároveň snižuje nárůst plynné a kapalné složky produktů pyrolýzy. Ze začátku pyrolýzy vznikají kyslíkaté páry při teplotách 400 – 500°C, po zvýšení teploty se začínají uvolňovat uhlovodíkové dehty. Při překročení teploty 850°C se uvolňují aromatické dehty. Složení se zvyšuje následovně – sloučeniny kyslíku, fenolické ethery, heterocyklické fenoly, alkyl-fenoly, polyaromatické uhlovodíky [10].

Po dosažení konečné teploty procesu pozvolna klesá množství vzniklého koksu do té doby, než se ukončí tepelný rozklad. Přesazení teploty nad danou mez, kdy je rozklad dokončen již množství vytvářejícího koksu neovlivní. Nárůstem teploty je způsobeno krakování molekul v pyrolytické kapalině. Díky tomu dochází k úbytku množství kapalné fáze a nárůstu plynných produktů [11].

Při krátké době setrvání produktů v plynné fázi a následovném ochlazení par dochází k většímu nárůstu produktů kapalných oproti plynným. Navýšením reakční teploty a prodloužením doby zadržení produktů v plynné fázi podporuje sekundární reakce, tím dochází k vzniku většího množství plynných produktů na úkor kapalné složky. Se zvýšeným tlakem dochází ke štěpení molekul uhlovodíku souměrně. Vysoký tlak zvýší množství vznikajícího pyrolýzního koksu a jeho schopnost reaktivity ke zplyňování [12].

Rychlost ohřevu vůči výtěžnosti jednotlivých frakcí je výrazná při nižších teplotách. U teplot kolem 450°C dochází kvůli zvýšení rychlosti ohřevu a přenosu tepla k lepšímu tepelnému rozkladu a vzniká více pyrolytického plynu a oleje na úkor pyrolytického koksu. U teplot vyšších 650°C se dá vliv rychlosti ohřevu zanedbat. U nižších teplot tedy vznikají krakovacími reakcemi lehké sloučeniny, které může podporovat nárůst rychlosti ohřevu, při teplotách nad 650°C převládá nad krakovacími reakcemi karbonizace kyslíkatých uhlovodíků, a tím dochází k polykondenzaci a polymeraci [13].

2.7 Termochemie a reakční kinetika

Proces pyrolýzy zahrnuje chemické a fyzikální děje jako jsou vypařování vlhkosti, kinetika rozkladných věcí, přenos tepla, nárůst tepla pyrolýzou, vznik napětí uvnitř materiálu anebo změna materiálových vlastností při závislosti na průběhu pyrolýzy a teplotě. Tepelné zabarvení materiálu a vedení tepla má velký vliv na průběh procesu a distribuci produktů [10].

Na povrchu vzorku dosáhne teplota dříve tepelné rovnováhy spolu se stěnou pyrolýzní pece, než teplota uvnitř vzorku. Uvnitř se teplota snižuje kvůli probíhajícím exotermickým a endotermickým reakcím. Při pomalých rychlostech a nízkých teplotách u ohřevu se během exotermických reakcí může teplota uvnitř vzorku zvýšit a přesáhnout teplotu na povrchu. Díky exotermní reakci po ohřátí povrchu vzorku dojde k ohřevu celého

vzorku. Při vysokých teplotách se tímto vytváří větší vnitřní tlak. Vnitřní tlak v materiálu ovlivňuje průběh pyrolýzy a teplotu částic. Kolísání tlaku způsobí vytlačení prchavých látek na povrch materiálu a větší vnitřní napětí také může roztrhat částečně zpyrolyzované částice. Při tvorbě malých částic se zvyšuje rychlost přeměny materiálu a výnos kapalné fáze. V pórech materiálu se snižuje doba zadržení prchavých látek, kdy by mohly probíhat reakce krakování dehtů [14].

Během pyrolýzy dochází k homogenním i heterogenním procesům, zároveň probíhají reakce zpětné. Každá reakce po určitém časovém intervalu dospěje do rovnovážného stavu, při kterém probíhá v obou směrech současně stejnou rychlostí. V rovnovážném stavu se nemění koncentrace výchozích produktů a látek a systém má neměnné složení. Podle *LeChatelierova* principu rovnováhy pohybu se uvádí, že zvýšení teploty posouvá rovnováhu exotermické reakce na stranu výchozích látek a rovnováhu endotermické reakce na stranu produktu reakce. Takto může být průběh procesu ovlivněn změnou rovnováhy v soustavě, tlakem, teplotou a koncentrací reaktantů [15,8].

Při teplotní změně reakční směsi, která byla v rovnováze, reaguje soustava dle *LeChatelierova* principu tak, aby byla schopna změnu snížit. Teplotní vliv je významný hlavně pro rychlost reakce a je odlišný pro endotermní a exotermní reakce. Čím vyšší je teplota procesu, tím rychleji probíhají reakce endotermní, které spotřebují více výchozího materiálu. Exotermní reakce pak probíhají velmi pomalu. Změnou tlaku v systému dochází ke změnám objemu. Změna tlaku při rovnovážné reakci je tedy závislá na počtu vzniklých molů plynných produktů a výchozích látek. Se zvýšením tlaku v systému dochází k reakci, během které plynné složky zmenšují svůj objem. Snížením tlaku se v systému podporuje průběh reakcí, u nichž se objem zvětší [15].

Navýšení tlaku v procesu pyrolýzy je příznivé pro reakce, ve kterých pyrolýzní produkty reagují s kapalnou nebo pevnou fází za vzniku pevných či kapalných produktů. Plyny se spotřebují, nebo reagují mezi sebou a počet molů plynných látek, které vstoupí do reakce je větší než počet plynných produktů. Změny u objemů kapalných a plynných složek je k objemu plynných látek zanedbatelná. Nemění-li se objem plynů, není možné ovlivnit tlakem ani rovnováhu reakce. Podtlak při pyrolýze však podporuje reakce, kdy vzniká větší množství plynných složek [16].

Změnou koncentrace reaktantů nebo produktů reakce lze také posunout rovnováhu chemických reakcí. Zvýšením koncentrace dochází u reaktantů ke zvýšení tvorby produktů. Po navýšení koncentrace se systém snaží tuto změnu u produktů eliminovat a zároveň podporuje průběh zpětné reakce. U reakcí probíhajících v počátečních fázích pyrolýzy je nemožné posouvat rovnováhu reakcí změnou koncentrace reaktantů, ta se vkládá vsázkou přímo do vstupního zařízení společně s pyrolýzním materiálem. V případě reakcí sekundárních se jako reaktanty považují produkty vznikající primárními reakcemi. Při posunutí rovnováhy u primárních a sekundárních reakcí se změnou koncentrace u produktů, lze při pyrolýze ovlivnit dobu, po kterou jsou v pyrolýzní komoře zdrženy plynné a nezkondenzované kapalné produkty. Produkty primárních reakcí jsou vstupními látkami do sekundární reakce, doba zdržení tedy ovlivňuje i chemickou rovnováhu primárních a sekundárních reakcí. V případě, že jsou meziprodukty reakcí odvedeny z pyrolýzní komory rychle, neúčastní se tak dalších reakcí v průběhu procesu [17].

Pro každou reakci se vliv reakčního tlaku a teploty na průběh reakce liší. Jednou z reakcí, probíhajících při pyrolýze je Boudouardova reakce:



Spalitelné látky ve vyráběném plynu vzniknou redukcí oxidu uhličitého na oxid uhelnatý a vodní páry na vodík. Jedná se o heterogenní reakce vodního plynu. Zároveň může uhlík reagovat s vodíkem za vzniku metanu (CH_4). Reakce tohoto typu přispívají k výrobě plynného paliva. Probíhají za nepřístupu kyslíku, čímž se sníží teplota plynu a většina uhlíku je zredukována či spálena na oxid uhelnatý (CO), nebo odchází z reaktoru v popelu jako forma nedopalu [18].

2.8 Vliv anorganických látek

Složení anorganických látek v materiálech ovlivňuje pyrolýzu pozitivně i negativně. Přítomnost kovů v organickém materiálu může negativně ovlivnit uvolnění prchavých látek během pyrolýzy. Látky anorganického původu ovlivňují průběh pyrolýzy katalitickými účinky. Katalyzují rozklad přírodních polymerů a krakovacích reakcí. Snižuje se aktivační energie a k rozkladu dojde rychleji a již při nižších teplotách. Vzniká větší množství pyrolytického plynu a koksu na úkor menšího množství pyrolytické kapaliny [19].

Další možností jak ovlivnit vlastnosti produktů pyrolýzy je pomocí minerálů. Minerály se mohou používat jako katalyzátory během zplyňovacích procesů, např. dolomit a olivín. Průběh pyrolýzy mohou ovlivnit i minerály, které jsou součástí materiálu [20].

2.9 Vliv vlhkosti materiálu

Vlhkost pyrolyzovaného materiálu ovlivňuje průběh pyrolýzního procesu. S vyšším obsahem vlhkosti v materiálu se prodlužuje doba potřebná pro termické rozložení materiálu a je důležité dodat více tepla. U nízkých teplotních ohřevů je menší vliv vlhkosti produktů na výtěžnost materiálu, uvolněná pára tedy opouští reakční komoru příliš brzy a na rozkladných reakcích se nepodílí. Při vysokých teplotních ohřevech může dojít k četným reakcím mezi produkty pyrolýzy s uvolněnou parou. U vstupního materiálu s vyšším stupněm vlhkosti se zvýší výtěžnost pyrolytické kapaliny [21].

Materiál s vyšší vlhkostí je tvořen v pyrolýzním plynu větším obsahem oxidu uhličitého a vodíku – tento děj je způsoben rozkladem vody. U pyrolýzní teploty nad 600°C je získané množství vodíku z anorganického materiálu s vlhkostí 60% zhruba 3krát vyšší než u tepelného rozkladu materiálu s vlhkostí do 10%. Nárůst oxidu uhličitého při vlhkostrním navýšení se zvětší asi 4,1krát. Vlhkost u pyrolyzovaného materiálu podporuje pyrolýzní reakci, tedy při vyšším obsahu vlhkosti se vytvoří méně pyrolytického pevného zbytku. Stupeň vlhkosti materiálu vstupujícího do pyrolýzního děje závisí také na formě vody vázané k materiálu. Rozlišují se tři základní možnosti, jak může být voda v materiálu vázána [22]:

- Volná voda (kapilární) – voda se vypaří sama, nebo ji lze odstranit mechanicky, např. odstřeďováním nebo listováním materiálu. Oproti vodě vázané má malý význam.
- Vázaná voda (hygroskopická) – je uložena ve stěnách buněk mezi vlákny. Je vázaná vodíkovými můstky na hydroxylové skupiny OH⁻. Vodu nelze odebrat mechanicky, pouze za pomoci tepla. Dojde k přeměně kapalné vlhkosti na vodní páru.
- Chemicky vázaná voda – z materiálu je možno ji odebrat pouze spalováním, vyskytuje se tedy pouze při absolutní nulové vlhkosti. Zjišťuje se u chemických analýz paliv [23].

Nasycení buněčných stěn se nazývá bodem nasycení vláken. Jedná se o přípustné množství vody, která může být adsorbována. U pyrolýzy vlhkého materiálu dojde nejdříve k jeho vysušení. U tohoto děje se většina dodané energie upotřebí na vypaření a ohřev vody. V případě, že je původní vlhkost vyšší než bod nasycení vláken, je v pórech voda volná a její transport probíhá skrze póry. Pokud obsah vlhkosti nepřekročí bod nasycení u vláken, tak se vypařuje jen volná voda [24].

Dosáhne-li materiál teploty, při níž dochází k jeho rozkladu, vzniká na povrchu zóna pyrolýzy. Později se vylučují z materiálu prchavé látky a pyrolýzní zóna se směrem dovnitř materiálu rozšiřuje a zůstává po ní vrstvička pyrolýzního koksu. Dochází k heterogenním a homogenním sekundárním reakcím. U homogenních reakcí probíhajících v plynné fázi krakují složky těžších dehtů na lehčí uhlovodíky. Během heterogenních reakcí probíhají spalovací a zplyňovací reakce složek bohatých na kyslík spolu s koksem. K úbytku vázané vody a ztrátě hmotnosti dochází fyzikálními změnami ve strukturách materiálu, např. smršťováním, trhlinami a puklinami na povrchu materiálu, praskáním [24].

3 PŘEHLED PYROLÝZNÍCH TECHNOLOGIÍ PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ PNEUMATIK A PLASTŮ

Tabulka 2 Přehled pilotních zařízení

Označení postupu	Postup	Druh odpadu	Produkty	Kapacita
DAL	Rotační buben	Pneumatiky, kabely	Pyrolýzní plyn, energie	2 t/h
Ebara	Dvě fluidní jednotky	Plasty	Energie	4 t/h
Kobe Steel	Rotační buben (500-700°C)	Staré pneumatiky	Olej, plyn, energie	1 t/h
Tsukishama	Dvě fluidní jednotky	Odpadní plasty	Energie	3 x 6,25 t/h
Pirotex	Rotační buben (400-700°C)	Plasty, KO, pneumatiky	Energie	60 t/den

3.1 Přehled jednotlivých zařízení

3.1.1 DAL

V Německu v Plaidtu u Koblenz nainstalovala společnost Deutsche Anlagen Leasing pyrolýzní výzkumné zařízení na pyrolýzu SKO, kabelů a pneumatik. Jako reaktor na pyrolýzu byla zvolena rotační pec ohřívána z vnějšku s délkou 10m a průměrem 1m. Na rotační pec navazovala spalovací komora a čištění spalin. Kapacita materiálu byla zhruba 2 t/h SKO. Toto zařízení sloužilo i k pokusům s jinými odpady např. drcené kabely, pneumatiky a plasty [25].

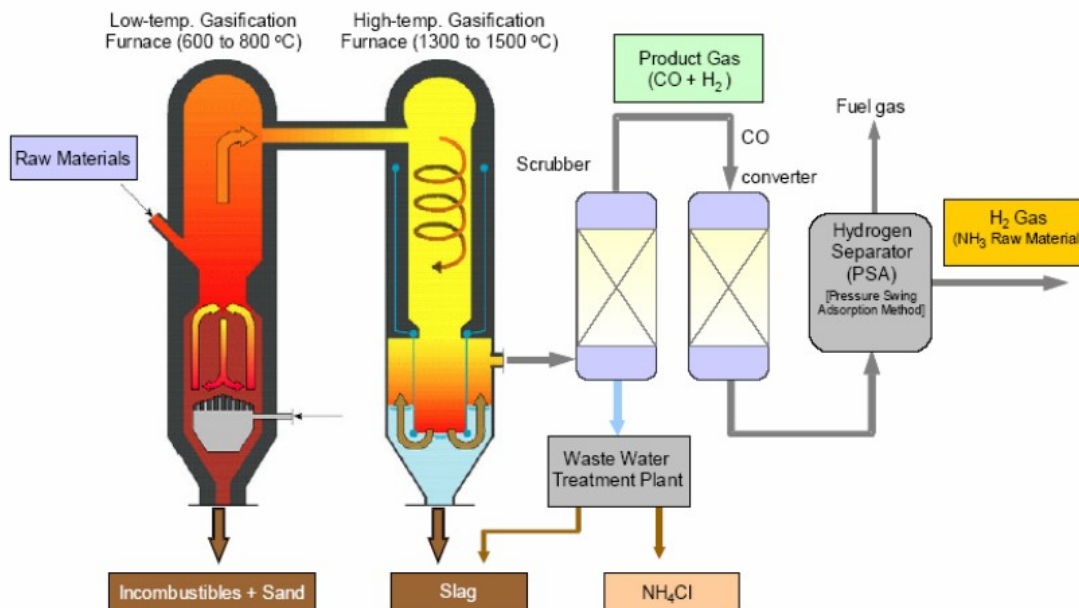
3.1.2 Ebara

Jedná se o japonský proces, často aplikován jako postup pyrolýzy pro průmyslové využití. Proces Ebara s označením TwinRec je založen na bázi dvou technologií:

- Tavení popílku (Meltex)
- Fluidní vrstva s cirkulací (Rowitec)

Po rozdrčení hrubého odpadu probíhá pyrolýza na fluidní pískové loži při teplotě okolo 600°C. Zbytky, které se nespálí, spadnou do dolní části, dále jsou odváděny s materiálem do fluidního lože. Vzniklý nízko-výhřevný plyn odchází se zachyceným popílkem a koksem do vstupní zóny reaktoru. Poté je za vyšších teplot spalován v cyklonové spalovací komoře [26].

Díky odstředivé síle se odděluje roztavený popílek, který se zachytí na stěnách a spadá jako tekoucí struska do reaktoru. Následně projde procesem prudkého ochlazení a vitrifikace ve vodním uzávěru. Vitrifikovaný zbytek je tvořen inertním nespalitelným podílem vstupního materiálu. Ze spalovací komory se posouvají horké spaliny do spalínového kotle. Vznikne pára, která se použije k výrobě energie. Spaliny před uvolněním do atmosféry musí projít běžným způsobem čištění. Tento proces splňuje veškeré emisní limity, stejně tak i sklovitý granulát odpovídající japonským požadavkům na výluhy. V provozu Kawaguchi měl zbytek po deponování pouze 3% [26].



Zdroj – PROTEC-SRL^[27]

Obrázek 1 Schéma procesu pyrolýzy u zařízení EBARA

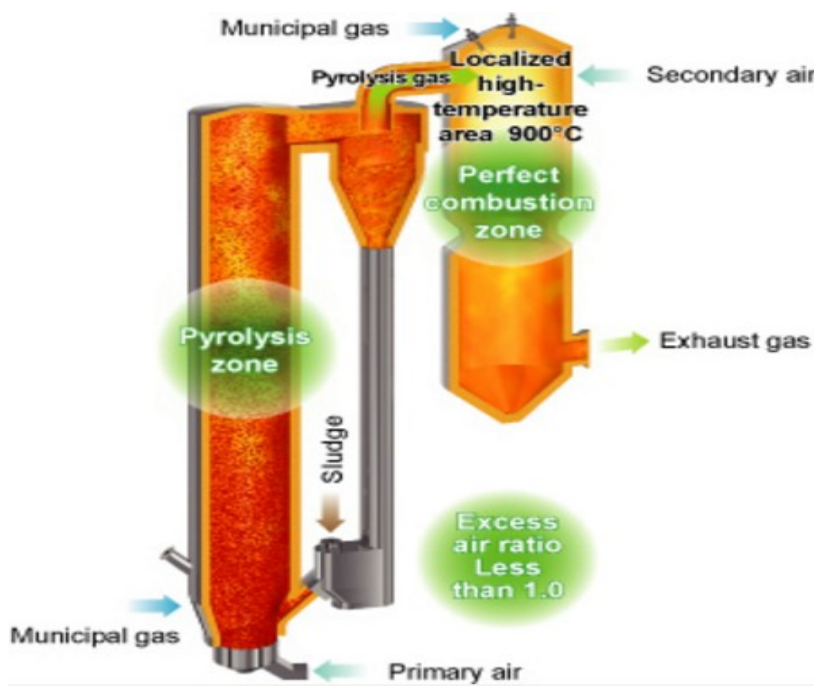
Od roku 2008 je v provozu celkem šest zařízení se 16 linkami na odpad. Další čtyři zařízení na ostatní druhy odpadu. První zařízení tohoto typu je v provozu od roku 2000, je schopno zpracovat zhruba všechny druhy odpadu, které se vyskytují [27].

3.1.3 Kobe Steel

Firma Kobe Steel z Japonska testuje pyrolýzu pneumatik s kapacitou 210 kg/h. Pneumatiky se nejdříve rozdrtí na velikost cca 30 mm, poté jsou šnekovým podávacím zařízením podávány do vně otočného ohřívaného bubnu. Běžný provoz probíhá při teplotách kolem 500°C a maximální termické zatížení bubnu je 800°C. Materiál je zadržen asi 20 minut. Do bubnu byl dodatečně zabudován seškrabovací systém, který odstraňuje saze připékající se ke stěnám [26,28].

Pevné produkty pyrolýzní reakce se transportují chlazeným šnekem do přepadu, odkud se překloupí do zásobníku a ochladí se na teplotu 50°C. Vznikající pyrolýzní plyn se ochladí v Quenchi pomocí těžkého produkovaného oleje na 80°C a od vroucích uhlovodíků se oddělí saze. Pomocí čerpadla se dopravuje Quen-olej do dekantéru, kde se rozsadí nečistoty a saze. Odsazený materiál obsahuje zhruba 70% oleje a 30% sazí.

Dále putuje do vodou chlazeného výměníku tepla, kde dochází ke kondenzaci uhlovodíků obsažených v plynu. Uhlovodíky se dále používají k ohřevu reaktoru. Pyrolýzní plyn tvořen sirovodíkem proudí skrz louhovou pračku, ve které jsou zachyceny sirné sloučeniny [26,28].



Zdroj – ECO SOLOUTINS co. [26]

Obrázek 2 Schéma vysoce efektivní dvoustupňové spalovací pece

3.1.4 Tsukishama

V japonském městě Funubashi je jedna z prvních pyrolýzních stanic v Japonsku vůbec. Stanice Tsukishama Kikai má dvojí systém fluidního zplyňování. Probíhá zde pyrolýza s kapacitou 500 kg/ den plastového materiálu. Z pyrolýzního plynu se získává dostatek energie pro celý závod. Stanice funguje již od roku 1983 nepřetržitě [29].

Zhruba sedm let se vyvíjel systém zahrnující cirkulující částice písku, který je mezi dvěma reaktory s fluidním ložem. Tento systém vyvíjený jako národní projekt, byl aplikován na krakování. Pevný odpad je přiváděn do reaktoru, kde po smísení dochází k pyrolýze. Pyrolýzní plyn se odvádí s párou dále do generátoru. Cirkulující písek se v reaktoru ochladí a poté dojde ke vzniku topného plynu [30].

3.1.5 Pirotex

Pirotex je zařízení postaveno na bázi uzavřené pyrolýzy. Je postaveno k využití odpadů obsahujících polymery nebo gumy, ropné kaly a oleje. Recyklování odpadních pneumatik a technické pryže v uzavřeném pyrolýzním zařízení způsobí v porovnání s otevřeným pyrolýzním zařízením větší objem kapalného paliva. Jedná se také o velice ekologický výrobek, nejsou zde produkovány téměř žádné škodlivé emise. Kvůli maximální možné automatizaci je sníženo množství lidské práce jako nakládání a vykládání do tyglíku z pece [31].

Způsob recyklování pneumatik u zařízení Pirotex umožňuje vyrábění vysoce jakostních odvozených produktů. Závod může být využit pro recyklaci plastů, odpadních olejů i ropných kalů. Pyrolýzní úpravna může být provozována i jako součást kompletní linky na zpracovávání odpadů nebo nezávislé zařízení, v případě, že cílem je organizovat[31]:

- Obchodování se zpracováváním kalů a odpadních olejů
- Obchod pro využití a recyklování technické pryže, plastů a plastových lahví
- Upravování šrotu z pneumatik a recyklování a využívání gumy.

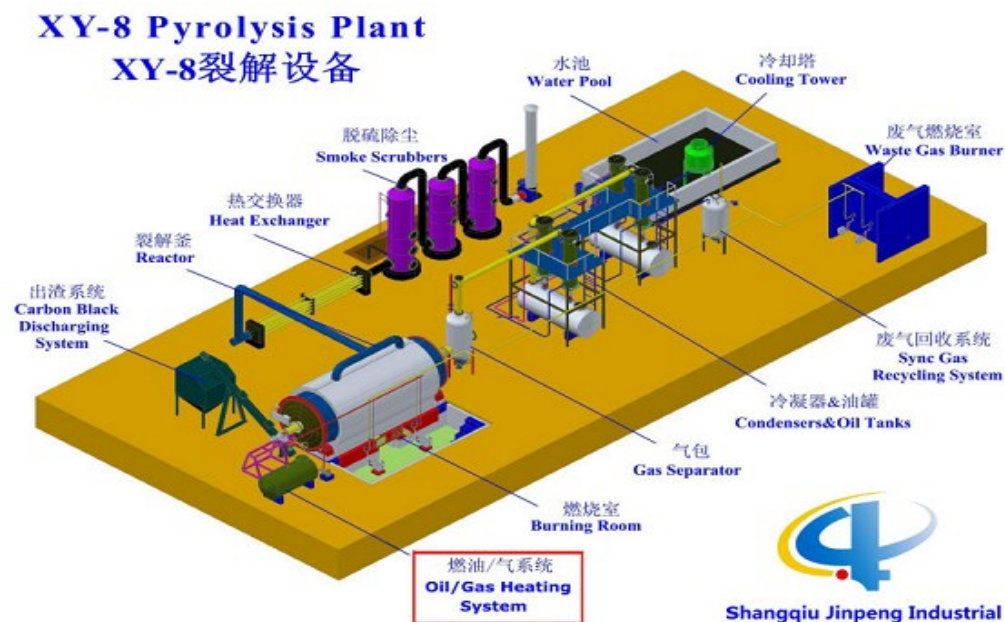
Tabulka 3 Získané produkty z pyrolýzy a jejich využití [31].

POPIS	APLIKACE
Pyrolýza a kapalná paliva	Kapalné palivo vyráběné pyrolýzou se využívá jako náhrada paliva do pecí a palivo pro kotle. Pomocí frakcionace lze využít pro různé ropné produkty (olej, nafta, benzín, guma).
Pevný uhlík obsahující zbytky	Tuhé zbytky obsahující uhlíkaté sloučeniny. Využívají se jako tuhá paliva, ale je možno je využít pro vyrábění kapalných paliv, jako náhradu sorbentu, aktivní uhlí a jako látky pro odstranění materiálů, které obsahují rtuť (žárovky).
Pyrolýzní plyn	Pyrolýzní plyn se plně využívá pro provoz jednotky
Kovové vedení	Kovové vedení obsahuje vysoce kvalitní ocel. Využívá se pro další výrobu kovu

3.1.6 XY – 8 Pyrolysis

Zařízení XY – 8 se nachází v polském městě Riky a provozuje ho firma EKOTOP Sp. zo. o. Pyrolýzní zařízení na termické zpracování pneumatik s ukončenou životností zde provozuje čínská firma Shangqiu Jipeng Industrial Co., Ltd. Toto zařízení zpracovává až 10 tun pneumatik za 11 hodin. Technologie je podle sdělení výrobce chráněna čínským patentem č. 200720091524.1 a CE patentem č. CMHN1311293219. Zařízení splňuje požadavky environmentálních směrnic ISO 9001:2008 (protokol č. 0070013Q13329R0S) a ISO 14001:2004 (protokol č. 0070012E20802R0S) [48].

Čínská firma Shangqiu Jipeng Industrial Co., Ltd nabízí pyrolýzní zařízení XY – 8 a novější kontinuální zařízení XY – 9. Kromě těchto zařízení firma dodává celou řadu dalších pyrolýzních zařízení zpracovávajících pneumatiky s ukončenou životností a plasty se spalovací kapacitou 4 až 10 tun / den. Pyrolýzní zařízení XY – 8 nabízí zpracování s kapacitou až 10 tun drcených pneumatik za 11 hodin. Nadrcené pneumatiky jsou do rotační pece (reaktoru – obr. 3 a 4) vloženy ve formě velkých celých pneumatik, nakupených do čtyř menších pneumatik anebo drcených pneumatik. Nadrcenými pneumatikami se rozumí kusy o velikosti 2,5 až 3 cm, nazývají se také *chipsy* [48].



Zdroj – SCHANGQIU MACHINERY [48]

Obrázek 3 Pyrolýzní zařízení XY-8 firmy Shangqiu Jipeng Industrial Co., Ltd.

Teplota uvnitř reaktoru je asi 420°C. Po 11 hodinovém cyklu se reaktor musí nechat na cca 2 hodiny vychladit. Po uplynutí času je možné ho opět naplnit materiálem. Výsledným produktem pyrolýzy je v tomto případě pyrolýzní plyn (počítá se zhruba 40 kg oleje při vstupu 100kg plastu), plyn pro ohřev reaktoru a tuhý zbytek (40kg). Tato pyrolýzní technologie vyniká unikátním zařízením, které dokáže rozdělit vzniklý pyrolýzní olej na těžkou, střední a lehkou frakci – dle požadavků na kvalitu. Pyrolýzní plyn lze dále využívat k pohonu kogenerační jednotky. Objem tuhého zbytku se v tomto případě nemění. Dále se v zařízení nachází patentované zachytné zařízení, umožňující odstraňování prachu neutralizací, čištěním a absorpcí [48].

Pyrolýzní zařízení XY – 8 se nabízí za cenu 4.100.000,- (s kapacitou 10 tun chipsů za den, resp. odpovídajícího množství plastového materiálu). Výstupem ze zařízení je pyrolýzní olej, tuhý zbytek a pyrolýzní plyn, který se používá k ohřevu rotační pece (v mimořádném případě se pyrolýzní plyn spaluje na fléře). Zbývající plyn kondenzuje a vzniká tím větší objem pyrolýzního oleje. Kapalně pyrolýzní produkty lze od firmy odkoupit a zpracovávat v rafinériích. Součástí pyrolýzního zařízení XY – 8 není kogenerační jednotka, která by byla schopna využívat pyrolýzní plyn a přetvářet ho na energii a teplo [48].



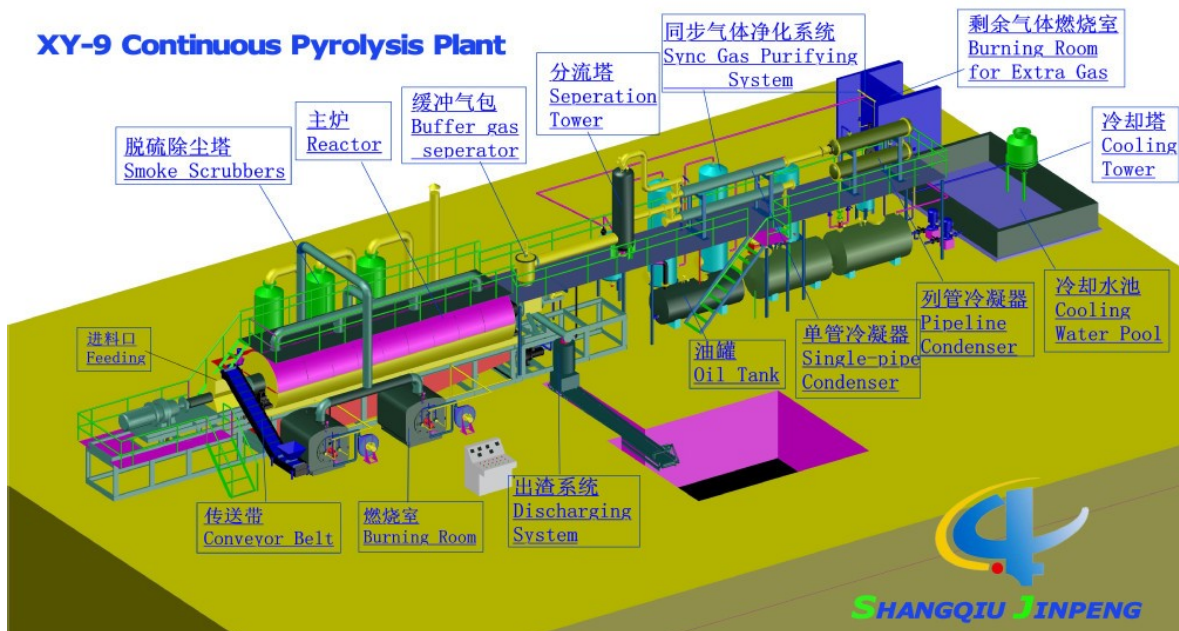
Zdroj ^[49]

Obrázek 4 Rotační pyrolýzní pec zařízení XY - 8

3.1.7 XY – 9 Pyrolysis

Pyrolýzní zařízení XY – 9 určené k termickému zneškodnění pneumatik s ukončenou životností, které provozuje čínská firma Shangqiu Jipeng Industrial Co., Ltd. je vylepšením svého předchůdce XY – 8. Zařízení XY – 9 se nabízí se spalovací kapacitou 10 až 30 tun drcených pneumatik – příp. plastů za den a dále je schopno pracovat až 20 dnů bez technologické přestávky. Tato kontinuální technologie je pyrolýzovanými materiály plněna a vyprazdňována automaticky. Výstupními produkty jsou tuhý zbytek a pyrolýzní olej [48].

Externí palivo (olej) je potřebný pouze při nabíhání pyrolýzního zařízení XY – 9, poté se k ohřevu reaktoru použije vznikající pyrolýzní plyn.



Zdroj – SHANGQIU MACHINERY^[48]

Obrázek 5 Pyrolýzní zařízení XY-9 firmy Shangqiu Jipeng Industrial Co., Ltd.

Pyrolýzovaný materiál vkládaný do zařízení nemusí být příliš upravován na drobné kusy. K plynulému chodu zařízení XY – 9 stačí, aby byly do pyrolýzního reaktoru vloženy plastové nebo pryžové kusy s velikostí 5 cm. V zařízení se dále nachází účinný kondenzátor, který vytváří lehký, střední a těžký pyrolýzní olej. Olej je dále využit k ohřevu pyrolýzního reaktoru. Součástí pyrolýzního zařízení XY – 9 není kogenerační jednotka, která by byla schopna využívat pyrolýzní plyn a přetvářet ho na energii a teplo.

Pyrolýzní zařízení XY – 9 se prodává za cenu 11.076.000,- (s kapacitou 20 tun řezaných pneumatik za den, resp. odpovídajícího množství plastového materiálu) [48].

3.2 Syntetické složky odpadů

Látky se vyskytují v odpadech v různorodých formách. Složení je dáno druhem přítomného odpadu. Velký podíl odpadu s obsahem syntetických organických látek je tvořen textilem, nápojovými kartony a plasty. Největší zastoupení mezi plasty v odpadech má polyetylen, poté polyethylentereftalát, polypropylen, a nejméně polystyren [32].

Následujícím neméně důležitým plastem který se vyskytuje v komunálním odpadu je polyvinylchlorid. Po úpravě se používá v měkčené formě na výrobu fólií a podlahových krytin. PVC se může ve směsných komunálních odpadech objevit i v neměkčené formě. V odpadech se rovněž vyskytují latex, rozpouštědla, lepidla a zbytky nátěrových hmot. Ojedíněle se mohou vyskytovat také aminoplasty, vznikají průmyslově polykondenzací močoviny a formaldehydu [32].

Umakart se řadí mezi plasty, které byly donedávna průmyslově vyráběny ve velkém množství. Umakart je složen polyakrolynitrem a polyamidem. Kondenzací formaldehydu s fenolem vznikají fenoplasty. Určitá lepidla a pěnové matrace jsou složeny z polyuretanů. Dále se ve směsných komunálních odpadech vyskytuje syntetický kaučuk [32].

V syntetických látkách mohou být stopy alkoholů, etherů, fenolů, sulfidů, ketonů, ketenů, aromatických heterocyklických komponentů obsahujících kyslík, síru i dusík, nasycené cyklické uhlovodíky, alkeny, alkiny, a organické sloučeniny s dusíkem (hydroxylaminy, oximy, hydraziny a azoxyderiváty)[32].

3.2.1 Pyrolýza plastů

Hlavní složkou plastových odpadů je polypropylen, nízko hustotní a vysoce hustotní polyetylen. Používají se při výrobě elektrických drátů, obalů, tašek, plastového potrubí, a hraček. Polyvinylchlorid, polystyren, polypropylen a polyetylen patří do skupiny termoplastů, kterou nelze snadno recyklovat. Např. polyethylentereftalát vyráběný kondenzací lze snadno recyklovat [33].

K nejsložitějšímu tepelnému rozkladu dochází u vysoce hustotního polyetyleny, dále u nízko hustotního polyetyleny a polypropylenu. U pyrolýzního procesu termoplastů dochází k obrovské spotřebě energie a tak se používá nízko teplotní pyrolýza. Ideálními katalyzátory jsou kyseliny, jíly a zeolity. Obvykle se pyrolýza plastů dělá v dusíkové atmosféře [33].

Do pyrolýzy u plastů lze zařadit čtyři následující typy reakcí: karbonizaci, depolymerizaci, štěpení hlavního řetězce polymeru a reakci vedlejších skupin. U karbonizace probíhají reakce, které vedou k tzv. zesíťování a následnému vytvoření lineárního polymeru, aromatizaci dehydrogenací a cyklizaci. V průběhu depolymerizace dochází k odbourávání monomerů volnými radikály. Štěpení hlavního řetězce polymeru znamená rozbíjení u vazeb polymerů z větších na menší [34].

Depolymerizace a štěpení řetězců znamená i propagaci, iniciaci a transportování radikálů v daném řetězci, odvíjející se dle teorie volných radikálů. Iniciace může nastat štěpením uhlíkových vazeb, nebo odštěpením vodíkového atomu, uvnitř polymeru nebo na konci řetězce. Pokud je vazba spojující hlavní řetězec se substituenty slabší než vazby mezi atomy v hlavním řetězci, dojde ke štěpení bočních skupin. Boční skupiny se oddělují od řetězce a k následnému štěpení dochází až při zvýšení teploty. Pyrolýzu polyvinylchloridu lze označit za příklad toho, kdy mohou rozkladem bočních skupin vzniknout aromáty a kyselina chlorovodíková [34].

Pro rozdělení vazby mezi uhlíky je potřeba menší vazebná energie, než ta, která odštěpí vodík. Dochází k tomu především u uhlovodíků s větší molekulovou relativní hmotností. Energie u aktivačního štěpení se mezi uhlíky zvýší s větší délkou polymeru. U vyšších teplot může u štěpení C-C vazeb na konci řetězce docházet k pravděpodobnějšímu rozkladu. S narůstající molekulovou hmotností se u uhlovodíku štěpení vazeb C-C posouvá na střed molekuly. U větší délky řetězce také dochází k namáhání a tepelnému pnutí ve středu matrice [34].

Makromolekuly se štěpí na koncích hlavně u poly-methylmethakrylátů. K náhodnému štěpení dochází u vysoce a nízko hustotního polyetyleny a polypropylenu. Pyrolýzou se v polymeru štěpí vazba β a dochází k β štěpení. Při zvýšení teploty dochází k výraznějším rozdílům ve vazebných energiích u β štěpení [34].

U propagace dochází k řadě reakcí, jež převádějí polymer a jeho větší fragmenty na menší segmenty a díky radikálové izomeraci a rozkladu vzniknou konečné produkty pyrolýzy. Radikál se v řetězci posouvá uvnitř molekuly, a je transportován mezi atomy uhlíku na řetězci jednoho polymeru. Další možnost výměny radikálu je mezi různými molekulami v polymeru. Při terminančních reakcích dochází ke kombinování radikálu navzájem a vznikají stabilní produkty. Interakcí s molekulami vzniklého plynu nebo se stěnami pyrolýzní komory dochází k terminaci [34].

Během nízkoteplotní pyrolýzy vzniká polypropylen, následně vysoce a nízko hustotní polyetylen. Rozvětvený polymer je více odolný tepelnému rozkladu. Velikost molekuly pyrolyzovaného plastu ovlivňuje následnou kvalitu pyrolýzních produktů a rychlost degradace. U menších částic dochází k snadnějšímu pyrolýznímu rozkladu a zároveň se zvyšuje výtěžnost pyrolýzní kapaliny. Typ polymeru nezávisí na složení plynného produktu. V molekulách polyolefinů nejsou obsaženy atomy kyslíku a při pyrolýze tak nedochází k vytváření oxidu uhelnatého nebo oxidu uhličitého [34].

V pyrolýzním produktu plynu se vyskytuje: etylen, ethan, metan, vodík, propan a propylen. Pyrolýzní kapalina obsahuje hlavně alifatické uhlovodíky s množstvím aromatických substancí. Zvýšením ohřevu a pyrolýzní teploty dochází ke snižování vznikajících produktů. Může vznikat větší množství plynných produktů, čímž narůstá hodnota vzniklých produktů pyrolýzy u plastů [34].

3.3 Možnosti využití produktů pyrolýzy

Úprava organického zbytku z komunálních odpadů vede k tvorbě hodnotných a důležitých produktů. Tyto produkty jsou využívány hlavně energeticky a z části také materiálově.

3.3.1 Pyrolytický plyn

Spalováním plastového materiálu a směsného komunálního odpadu vzniká plyn s různou výhřevností. Jeho výnos závisí na množství materiálu a dané teplotě. Nejjednodušší využití pyrolýzního plynu je při spalování v plynovém motoru, ten má totiž menší nároky na složení a kvalitu plynu než palivové články a turbíny. Pyrolýzní plyn lze změnou poměru H_2 : CO následně upraven na syntézní plyn a dále využíván na výrobu

kapalných a plyných paliv. Pomocí methanizace a Fisher – Troposchovy syntézy lze přeměnit syntézní plyn přímo na palivo [45].

3.3.2 Pyrolytický koks

S pyrolytickým koksem je možno nakládat následovně:

- Vyhláška č. 294/2005 sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu řadí koks do třídy vychovatelnosti II b. V případě, že se bere v potaz hodnota ukazatele RL, lze pyrolytický koks uschovat na skládku bez úprav. Úprava pyrolytického koksu vedoucí k minimalizaci chloridů je možná. Rozdrcením koksu na částice menší než 1 mm je možné odstranit rozpuštěné chloridy ve vodě. Další možností je vypírání pomocí destilované vody [46].
- Pyrolýzou vzniklý koks je tvořen z 1,3% vodíku a z 45% uhlíku. Výhřevnost se udává mezi 17,3 – 17,5 MJ/kg – dle vlhkosti vstupního materiálu. Síra je v pyrolytickém koksu obsažena v množství 0,3 %. Obsah chloru je zhruba 0,7%. Poměrně vysoký obsah popelovin (45%) není příliš vhodný pro energetické využití, ale lze ho snížit loužením v kyselině HCl na 35%. Na konci rozkladu kalcitu se v koksu vyskytuje CaO (8,5%), které má dobré odsiřovací účinky [46].
- Loužením v kyselině HCl se otevrou v pyrolytickém uhlíku póry a tím dochází ke zlepšení sorpční schopnosti. Uhlík poté lze využít jako sorbent nebo plnivo. Obsah jódu - 80 mg/g je poměrně malý. Hodnota jódu neurčuje jeho sorpční vlastnosti, ale určuje jeho celkovou porozitu. Aktivací oxidem uhličitým nebo parou lze zlepšit sorpční vlastnosti pyrolytického koksu [46].

3.3.3 Pyrolytická kapalina

Pyrolytickou kapalinu lze využít k separaci chemických látek, které jsou v ní obsaženy. Skládá se ze složitých oxidačních uhlovodíků a je dána degradací materiálu a neřízeným chemickým zpracováním. U rychlé pyrolýzy je kapalina nazývána jako bio-olej nebo olej. Při pomalých pyrolytických procesech má někdy podobu dehtu.

Tuto primární kapalinu také lze poupravit na hydro-uhlíkové kapalné palivo. V průběhu rychlé pyrolýzy vzniká tmavě hnědá, nízko viskozitní kapalina, která obsahuje vodu - do 15%. Během pomalé pyrolýzy vzniká černá dehtovaná kapalina s výskytem vody – do 20%. Její viskozita je rovna těžkým palivovým olejům nebo plynovým olejům [47].

Alternativní záměna pevného pyrolytického zbytku na kapalný produkt spočívá v nadrcení a sloučení s vodou a stabilizátorem. Směs se také může skládat z uhlí a bioolejů, v tomto případě se ale těžko zjistí materiálové složení směsi. Směsi z oleje, vody nebo dehtu mají problém se stabilitou. Voda se z pyrolytických produktů vytváří díky vlhkosti materiálu a obsahuje hodně organických složek. Výrazně ovlivňuje celkový průběh procesu [47].

Oxidační uhlovodík je kapalný produkt s velkým podílem vody z vlhkosti zpracované suroviny. Produkt je poměrně málo stabilní v termo-fyzikálních vlastnostech a to může způsobovat potíže při dalším zpracování a využití. Bio-olej se spaluje přímo, anebo je využit k jiným účelům. Zásadním problémem při využití kapalných produktů je jejich uskladnění, protože jednotlivé frakce se polymerizují a oddělují a dochází ke korozi nádrží. Obsah vody s vyšším počtem oxigenátorů nelze sloučit s tvorbou paliv, je ale možné této přeměny využít v jiné aplikaci. Při úpravě vody a oxigenátorů je důležité je stabilizovat a odstranit. Tyto úpravy jsou podstatné k produkci paliv a takto upravená paliva lze sloučit s palivy syntetickými [47].

Obsah vody příznivě ovlivňuje snižování potenciálního znečištění voda – odpad, efekt pH, rozmezí větších teplotních hodnot a další úpravní procesy. Působení obsahu na produkty pyrolýzy ještě není ověřeno. Nadbytečné množství vody není z hlediska jejího následného snížení vhodné. Destilací a vypařováním během teploty kolem 100°C nebo vyšší, dochází k nenávratným chemickým a fyzikálním změnám v pyrolytických kapalinách. Při nízkých sušících teplotách dochází v souvislosti s vodou k nepříznivým změnám v organickém složení pyrolýzních kapalin. Tento děj vytváří nároky na oxidační vlastnosti a obsah vody v nestabilitě sušiny. Degradací a polymerizací dochází k fyzikálním změnám, zvýšení viskozity a deponováním živých látek ve fázové separaci. Pyrolytickou kapalinu lze skladovat až po dobu dvou let [47].

Tabulka 4 Přeměna produktů na jednotlivé zdroje [47]

Produkt	Třída	Složení	Zdroj
Plynné palivo	LHV	CO, H ₂ , CO ₂ , CH ₄ , N ₂	Pyrolýza, zplynění O ₂
	MHV	CO, H ₂ , CO ₂ , CH ₄ , N ₂ a vyšší uhlovodíky	Pyrolýza, zplynění O ₂
Kapalina	Primární olej	Voda - nerozpustný oxigenerátor	Rychlá pyrolýza
	Sekundární olej	Voda - nerozpustný oxigenerátor	Rychlá pyrolýza
	Olej	Voda - nerozpustný oxigenerátor	Zkapalnění
	Směs uhlí - olej	Dřevěné uhlí, olej	Rychlá pyrolýza
	Směs uhlí - voda	Dřevěné uhlí, voda, stabilizátor	Pyrolýza
Voda	Odpadní voda	Voda - rozpustný oxigenerátor	Pyrolýza, zkapalnění, zplynění
Pevná látka	Hnědé uhlí	-	Pyrolýza
Teplo	Horký plyn	-	Spalování

4 VÝBĚR OPTIMÁLNÍ PYROLÝZNÍ TECHNOLOGIE PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ PNEUMATIK A PLASTŮ V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY

4.1 Pyrolýzní zařízení PTR 1000 firmy HEDVIGA GROUP a.s.

Při pyrolytickém procesu se v závislosti na dosažené teplotě vyskytují jevy, které je možno rozdělit do tří teplotních skupin. U teplot do 200°C dochází k procesu sušení a k vytvoření vodní páry fyzikálním odštěpením vody. Tyto procesy lze označit jako endotermické. Mezi teplotami 200 – 500°C se tvoří oblast suché destilace, kde dochází k odštěpení bočních řetězců z vysokomolekulárních organických látek a přeměně složek na plynné a kapalné organické produkty a na pevný uhlík. V oblasti teplot od 500 až 1200°C se produkty vznikající suchou destilací dále štěpí a transformují. Z kapalných organických látek i pevného uhlíku vznikají stabilní plyny - H₂, CO, CO₂, CH₄, propan, butan [49].

Princip PTR

Princip PTR (pomalého termického rozkladu) vychází ze znalosti pyrolýzy a je upraven. Oproti běžnému pyrolýznímu procesu je posun u PTR technologie následující:

- je to nízkoteplotní rozklad s teplotou pod 480°C s větším využitím účinnosti energie k topení bez komínové ztráty,
- PTR technologie je pomalý rozklad, kdy během desítek minut dochází k oddělení frakcí a dochází k vytvoření kapalných a plyných produktů,
- proces začíná ohřevem, kdy během minut dochází k oddělování frakcí – bez vzniku krusty na povrchu,
- pomalost procesu umožní jímat veškerý vznikající plyn do zásobníků a využívat je na provoz kogenerační jednotky – bez vypouštění spalin do ovzduší [49].

Jednotka PTR je složena z termického a chladicího modulu. Topný modul (obr. 6) pracuje na bázi elektrické pece s bočním ohřevem odporovými tyčemi a maximálním příkonem 200kW. Podlaha pece je vyzděna cihlami ze šamotu a na stěnách se nachází tepelná izolace vytvořená na bázi skelné vaty. Vrchní část pece tvoří trojice ventilátorů,

které způsobují stabilizovanou konvekci tepla a rychlost proudění kolem palivových článků. Materiál se do pece vkládá v kompartimentech z oceli, článcích vyrobených z nerezové oceli o tloušťce 5 až 10 mm s vývody pro plynné produkty. Článek je do pece dopravován po kolejích [49].



Zdroj – [49]

Obrázek 6 PTR jednotka - topný modul

Článek má dané poměry stran a rozměry a funguje na principu koksárenské baterie. Funkcí článku je vedení tepla na určité hodnotě mezi teplotou pece a surovinou s nárůstem tepla. K ohřevu dané suroviny dochází zdola nahoru a od středu k okrajům. Ohřev u suroviny v článku je spuštěn regulérně dle ohřevu pece procesem CPU. Ohřevem za nízké teploty nedojde ke vzniku krusty a spékání povrchu. Suchou destilací při sníženém tlaku dojde k rozkladu až 90% organických látek na jednotlivé frakce. U teplot do 490°C dochází při exotermických reakcích k minimalizaci a úplnému odstranění těkavých látek z uhlíku. Pec jednotky tvoří dva navzájem se vyměňující články, které se u spalování druhého článku mění. Délka procesu je asi 200 min, dle závislosti množství a typu suroviny ve článku. Cyklus se opakuje dokola a dochází k výměně vyčerpaného článku dalším článkem [49].

Surovina a palivový článek je ve vrchní části tvořena trubkami, vedoucími ven z pece. Trubky jsou připojeny k trubkám, které vedou do chladiče. Chladicí modul u procesu PTR je přítomen ve speciálním kontejneru s trubkami o délce 84,5 m. Samostatné okruhy chladiče jsou napojeny na dané palivové články. Teplota plynu před vstupem do chladiče je okolo 450°C a výchozí teplota 90°C. V trubkách proudí chladicí kapalina, je voda na bázi etylenglykolu. Vzniklý olej se kumuluje ve spodní části u výpusti z chladiče. Následně je vyčištěn a upraven plyn [49].



Zdroj – [49]

Obrázek 7 PTR jednotka - chladicí modul

Procesem sušení plynu se zabývá ohřívák. Plynový ohřívák ohřeje plyn ze 7°C až o 10°C. Výměník se ohřeje plynem, který vstoupí do výměníku v chladicí jednotce. K čištění plynu dochází jeho průchodem skrz aktivní uhlí, kde se zachytí škodlivé znečišťující látky. Oproti původnímu stavu se obsah síry se sníží asi o 50%. Pyrolytické zpracování odpadů neprodukuje velké množství síry koncentrované v plynu. Čištění plynu probíhá v zařízení, které je složeno z dmyhadla, nádoby s aktivním uhlím odvlhčení. Dochází zde ke zvýšení tlaku plynu po dobu přepravy do vakuových zásobníků a eliminaci škodlivých sirných produktů. Plyn do zařízení vstupuje se sníženým množstvím vlhkosti. V chladiči jednotky PTR se sníží a oddělí většina vody a jsou zde zachyceny jemné nečistoty v plynu. Díky zařízení pro úpravu plynu dojde k zajištění větší spolehlivosti

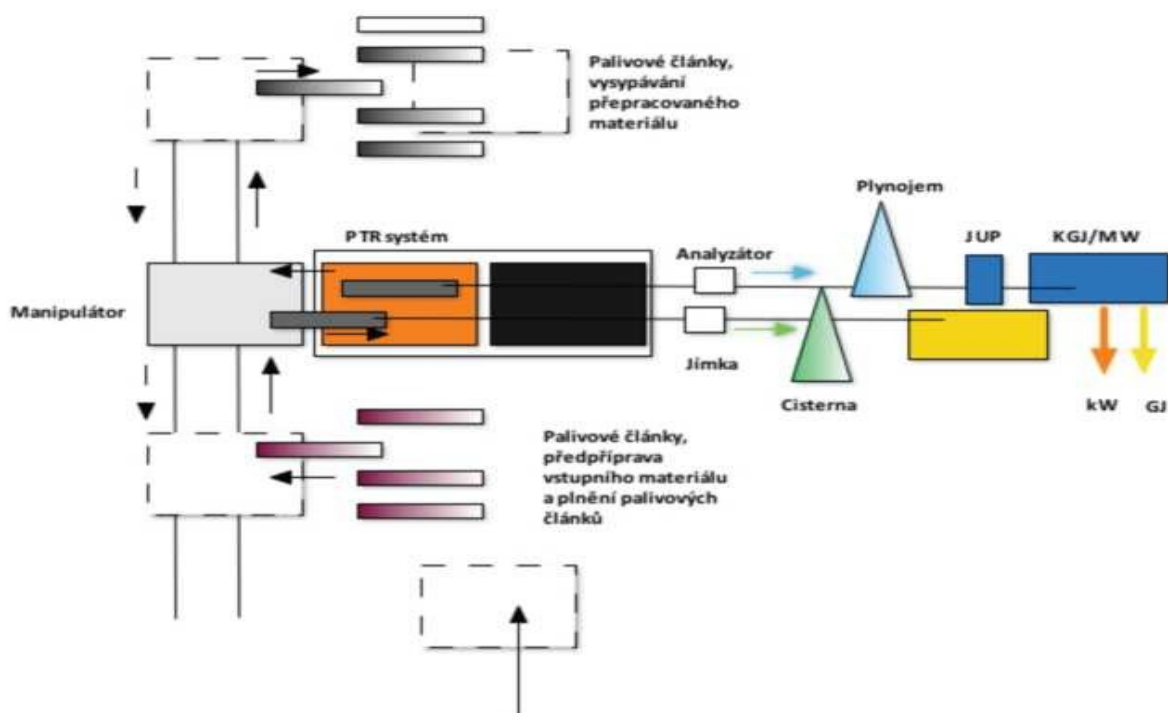
u provozu kogeneračních jednotek a výrazně se také sníží poruchovost u technologie využívání pyrolýzního plynu. Dochází např. k delším časovým intervalům mezi jednotlivými servisními záležitostmi, kdy se vyměňuje olej – sníží se také náklady na provoz zařízení [49].

Kapacita aktivního uhlí v zařízení se pro použitý výkon a pyrolýzní plyn pohybuje pod hranicí 100kg. Vsázku aktivního uhlí je potřeba kvůli malému množství zachycených látek v plynu vyměnit po 2000 hodinách provozu několikrát do roka. Aktivní uhlí zachycené ve filtrech je možno likvidovat spálením v energetickém zařízení s práškovým kotlem anebo uložením na příslušnou skládku. Při manipulaci s palivovými články potřebuje PTR jednotka pro provoz 8 palivových článků. Samotným článkem manipuluje obsluha ramenovým jeřábem a položí jej přes pec na kolej. Článek vjede do topného modulu po kolejích. Na konci cyklu rozžhavený článek po kolejích vyjede ven a dále pokračuje do výměníku tepla s dalším článkem [49].

Na potrubí připojené do chladiče se napojí článek zavezený do pece. K napojení slouží odolná spojka, která se nachází mimo pec. Žhavý pyrolýzní plyn putuje z článku do chladiče, kde dochází k jeho kondenzaci na složky oleje. Dochází tím k oddělení plynné a kapalné frakce v pyrolýze. Za dobu 2 hodin proběhne proces úplné pyrolýzy a dále už nedochází k dalšímu vývinu plynu. Při výměně článku se výstupní potrubí uzavírá kulovou ucpávkou. V článku dále nevzniká další plyn a nedochází tím pádem k úniku pyrolýzního plynu do okolí. Rozžhavený článek vyjmutý z pece se vloží mezi dva články do rekuperační komory. Tímto dějem se odebere článku zbytková tepelná energie a předá se dalším článkům. Po uplynutí 6 hodin a ochlazení článku pod 30°C se pevná frakce vysype do uzavíratelného kontejneru. U systému vyprazdňování těchto článků je zaručena bezprašnost procesu. Pyrolýza proběhne v článku úplně, nedochází k úniku plynů [49].

Tzv. jalový plyn, který vznikne při prvním spuštění pyrolýzního zařízení je jímán do plynového zásobníku – plynojemu. Když plyn dosáhne potřebné kvality, je jímán do zásobníků a následně upravován v kogeneračních jednotkách. Vznikající plyn se za chodu zařízení postupně přidává v malém množství ke kvalitnějšímu plynu, dokud se nespoteřebuje. Kvalita spalování v kogeneračních jednotkách není nijak malým množstvím jalového plynu narušena [49].

Zpracování vstupního materiálu v elektrických pecích způsobuje eliminaci nepříjemných a závadných plynů nebo oleje do jejich okolí. I přes nižší energetickou účinnost byla s ohledem na ochranu životního prostředí uvedená technologie zvolena. Nižší přetlak v plynu dostatečně zajistí náhodné vniknutí vzduchu a zabezpečí možnost vniknutí plynu do ovzduší [49].



Zdroj – [49]

Obrázek 8 Schéma kogenerační jednotky a zařízení PTR

Ze vstupní suroviny 1000kg pneumatik lze průměrně vyrobit 220kg uhlíkatého zbytku, 450kg pyrolýzního oleje a asi 330kg plynu. Patní lana a ocelové kordy (kovové součásti z pneumatik) tvoří téměř 3% z množství pneumatik. Spalovací zkoušky různých typů vyřazených pneumatik prokazují, že se vyřazené pneumatiky nepodepisují na kvalitě a výtěžnosti vzniklých produktů. Protože je proces pyrolýzy veden pomocí stanovených teplotních křivek, je také kvalita vzniklého oleje, plynu a pevné frakce v naměřených hodnotách zajištěna [49].

Technologie s PTR jednotkou má vlastnosti:

- Mobilita – jednotky PTR umístěné v kontejnerech lze přivést na místo, kde se zpracovávají kaly z ČOV. U tohoto řešení není potřebný převoz kalů, čímž jsou sníženy případné náklady a dále není potřeba povolení pro uskladňování a převoz nebezpečných odpadů.
- PTR technologii lze dodávat v různých velikostech, čímž je možné široké využití.
- Technická řešení jsou po rozbořech a zkouškách surovin navrženy dle požadavku investora.
- PTR technologie probíhá v krytém prostoru a nedochází k produkci fugitivních plyných odpadů. Veškeré produkty z PTR procesu se mohou následně prodat nebo využít a technologie je vlastně téměř bezodpadová.

Technologii PTR zdokonalila firma SIMUL trust, a.s., Vratimov. Technologie již má zaregistrovaný průmyslový vzor a je patentována. Výrobcem, vlastníkem a prodejcem zařízení PTR je firma HEDVIGA GROUP a.s., a drží všechny práva propojená s prodejem a výrobou této technologie. Na technologii je připojena kogenerační jednotka sloužící k výrobě elektrického proudu z pyrolýzního plynu. Pyrolýzní olej může být využit jako palivo, pyrolýzní uhlík jako surovina pro další výrobu. Nyní firma staví zařízení zpracovávající 50, 250 a 1000kg suroviny za 2 hodiny na jednu vsázku [49].

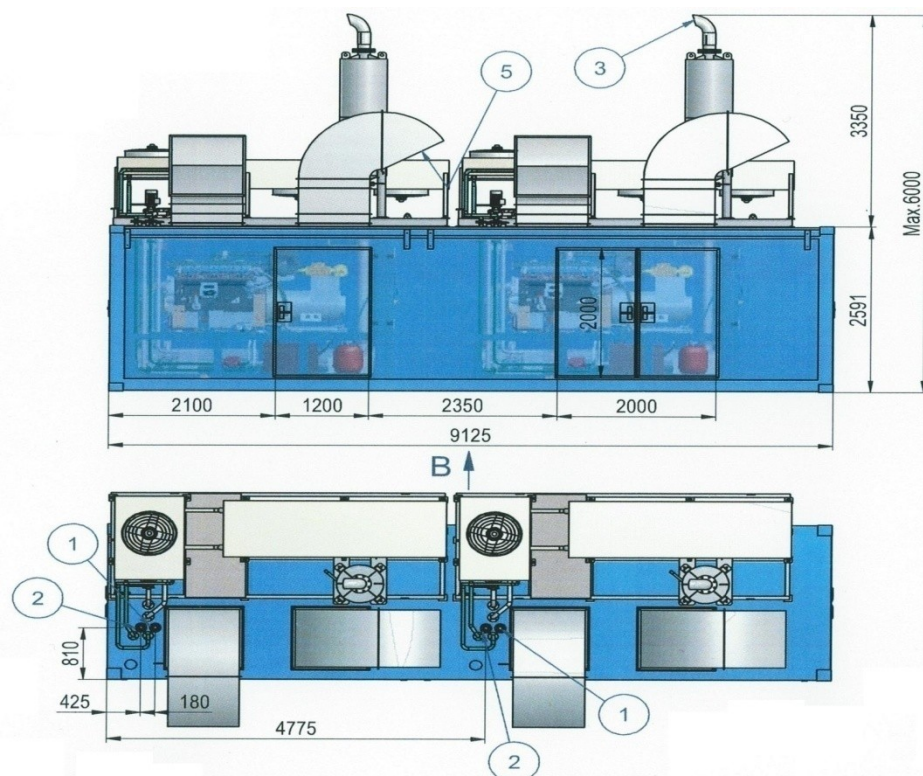
4.1.1 Kogenerační jednotka Cento T200

Jednotka Cento T200 firmy TESOM a.s., patří mezi stroje se středním výkonem, fungujícím jako plynové motory z automobilů. Mají různé výkony od 40 až do 200 kW. Uspořádání těchto jednotek do bloku zahrnuje tepelné zařízení jednotky, protihlukový kryt generátor. K dodávce patří i volně dodaný tlumič na výfuk. V kogenerační jednotce se nachází elektrický tvořen ovládací a silovou částí [49].

Tabulka 5 Technické údaje kogenerační jednotky Cento T200 [49]

TECHNICKÝ ÚDAJ	VÝKON
Jmenovitý elektrický výkon	200 kW
Maximální tepelný výkon	253 kW
Příkon v palivu	510 kW
Účinnost elektrická	39,20%
Účinnost tepelná	49,50%
Účinnost celková (využití paliva)	88,70%
Spotřeba plynu při 100% výkonu	54,0 m ³ /h
Spotřeba plynu při 75% výkonu	41,6 m ³ /h
Spotřeba plynu při 50% výkonu	29,3 m ³ /h

Kogenerační jednotku lze pohánět bioplynem, skládkovým plynem, zemním plynem nebo jinými plyny, které mají patřičnou výhřevnost. Jednotka Cento T200 ve verzi se synchronním generátorem je určena pro paralelní zapojení v sítích 400V/50 Hz [49].



Zdroj – [49]

Obrázek 9 Jednotka Cento T200, **Legenda:** 1 - sekundární okruh - výstup, 2 - sekundární okruh - vstup, 3 - spaliny - výstup, 5 - vstup ventilačního vzduchu

K pohonu kogenerační jednotky Cento T200 lze použít také plynový spalovací motor zn. TG 210 G5V TW 86 od firmy TEDOM a.s.

Tabulka 6 Technické údaje motoru TG 210 G5V TW 86^[49]:

Počet válců	6
Uspořádání válců	v řadě
Vrtání x zdvih	130 x 150mm
Zdvihový objem	11 946 cm ³
Kompresní poměr	12:01
Otáčky	1 500min ⁻¹
Odvod spalin:	
Množství spalin	900m ³ _N /h
Teplota spalin	120/150°C
Rychlost spalin na výstupu	20,4 m/s

Tabulka 7 Garantované emisní koncentrace motoru TG 210 G5V TW 86[49]

Emise (při obsahu O ₂ ve spalinách 5%)	CO	Nox
	650 mg/m ³ _N	500 mg/m ³ _N

Emisní hodnoty (viz. Tabulka 7) splňují emisní limity uvedeny vyhláškou č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení v zákoně o ochraně ovzduší.

4.1.2 Postup u zpracování starých pneumatik

Pneumatiky jsou zpracovány nadrcením a prosetím na lince s dvojstupňovitým drtičem. Vzniklé kusy pneumatik mají velikost mezi 5 až 8 cm. Nadrcený materiál se nachystá do zásobníku. Ze zásobníku jsou články pro pyrolýzu naplněny materiálem a hutněny vibracemi. Zavážecím zařízením se články naplněné materiálem připojí na potrubí chladiče a zasunou do elektrické pece. Po tepelném rozkladu nahradí druhy články ten článek, který je ještě naplněný materiálem. Výměna článků mezi sebou se opakuje každé 3 hodiny. Články jsou přeměněny tehdy, když je možná ideální produkce pyrolýzního plynu v zařízení PTR 1000 [49].

Plyn se upravuje vyčištěním a sušením a skrz plynojem pohání kogenerační jednotky Cento T200, ve kterých vzniká elektrická energie a teplo. Technologie zahrnuje

také havarijní plán a bezpečnostní předpisy. Pyrolýzní olej, který je zbaven přebytečné vody se odčerpává z jímky a vede do uzavřených ocelových nádrží. Z nádrží je olej přečerpáván do cisteren a připraven k převozu a dalšímu využití. Jedná se o žádanou surovinu [49].

4.2 Pyrolýzní zařízení Dr. Inž. Marka Pilawského

Pyrolýzní zařízení dle patentu pana Dr. Inž. Marka Pilawského je uzpůsobeno k materiálovému a energetickému využití a zpracování plastů a vyřazených pneumatik. Ve šnekovém zařízení se dopravuje pyrolyzovaný materiál do vlastního reaktoru. Před dopravou do reaktoru je materiál nadrcen na částice s velikostí mezi 3 až 5 cm. Šnekové zařízení je tvořeno kvalitní švédskou ocelí a může být vystaven teplotě až 400°C [50].



Zdroj – [50]

Obrázek 10 Pyrolýzní zařízení pana Dr. Inž. Marka Pilawského (rychlost zpracování 50 kg plastu za hod.)

Teplota probíhající v zařízení je 400 až 415°C. Momentálně je v provozu zařízení, které zpracovává max. 50 kg za hodinu. Je však připraven i reaktor, kterým lze zpracovat 100kg plastu za hodinu (viz. Obr. 11). Zpracováním odpadních plastů, při kterém vznikne pyrolýzní olej, bude výtěžnost oleje ze vstupu 100 kg odpadních plastů 80 kg.



Zdroj – [50]

Obrázek 11 Pyrolýzní zařízení pana Dr. Inž. Marka Pilawského (rychlost zpracování 100 kg plastu za hod.)

Zbytek produktu tvoří pyrolýzní plyn, který se u zařízení dá použít na ohřev pyrolýzního reaktoru. Další možnosti jak využít a používat pyrolýzní zařízení je výroba plynu s větším objemem, kterým lze pohánět kogenerační jednotku. Na ohřev pyrolýzního zařízení se spotřebuje energie rovna 20% celkové vyrobené energie [50].

4.3 Pyrolýzní zařízení ZEVO Litvínov

Spalovna komunálního odpadu ZEVO Litvínov se má stát zařízením určeným k výrobě energie z odpadu. Zařízení je navrženo pro tepelné zpracování komunálního odpadu. Hlavní zařízení tvoří pyrolýzní jednotka, třídění odpadu, spalovací komora, parní HRSG kotel s komínem, parní turbína s elektrickým generátorem, systém napájení a chlazení, chemická úprava vody, systém skladování a dopravy paliva [51].

Linka pyrolýzy je složena ze dvou pyrolýzních pecí, sušící linky a dvou spalovacích komor. Čistící plynová jednotka je kombinovaná suchá adsorpce nebezpečných materiálů a odstranění částic. Tuhé zbytky jsou přiváděny ve směru toku pyrolýzních pecí. Následně se ochlazují a posunují k procesu plazmového zplyňování. Odtud pochází struska, která je pětkrát méně vyluhovatelná než sklo. Struska se může dále využít jako stavební materiál. V následujících tabulkách 8, 9 a 10 jsou zaznačeny parametry pyrolýzního zařízení.

Tabulka 8 Záměr ZEVO Litvínov, základní parametry

Parametr	Hodnota
Vstupní materiál	komunální odpad
Kapacita celku	cca 150 000 t/rok
Denní kapacita	cca 480 t/den
Vlhkost materiálu	cca 35 %
Výhřevnost materiálu	cca 10 MJ/kg
Provozní hodiny	cca 7 500 h/rok
Operační hodiny	24 hod/den
Instalace	vnitřní/venkovní
Teplota okolí	-20°C až +35 °C
Napájení technologie	400 V
Frekvence sítě	50 Hz
Kapacita pyrolýzní jednotky	14 t/hod
Zastavěná plocha pro technologii	cca 6 000 m ²

Tabulka 9 Záměr ZEVO Litvínov, produkty, popílek a zbytky

Produkty, popílek a zbytky	Hodnota
Elektrický výkon na generátoru	9,9 Mw _e
Elektrický výkon na export	7,4 MW _e
Struska	41 000 t/rok
Kovy	3 000 t/rok
Zbytky filtru	1 500 t/rok
Odpadní voda	1 500 t/rok

Tabulka 10 Záměr ZEVO Litvínov, energie, spotřeba

Energie, materiály a spotřeba	Hodnota
Instalovaná vlastní spotřeba elektřiny	2,5 MW _e
Aktuální vlastní spotřeba elektřiny	1,5 MW _e
Vápno	900 t/rok
Čpavková voda	600 t/rok
NaHCO ₃	1 125 t/rok
Aktivní uhlí	60 t/rok
Kompresorový vzduch	zahrnut ve spotřebě elektřiny
Topný olej	200 t/rok
Teplota okolí	-20°C až +35 °C

4.3.1 Jednotka na třídění a sušení komunálního odpadu

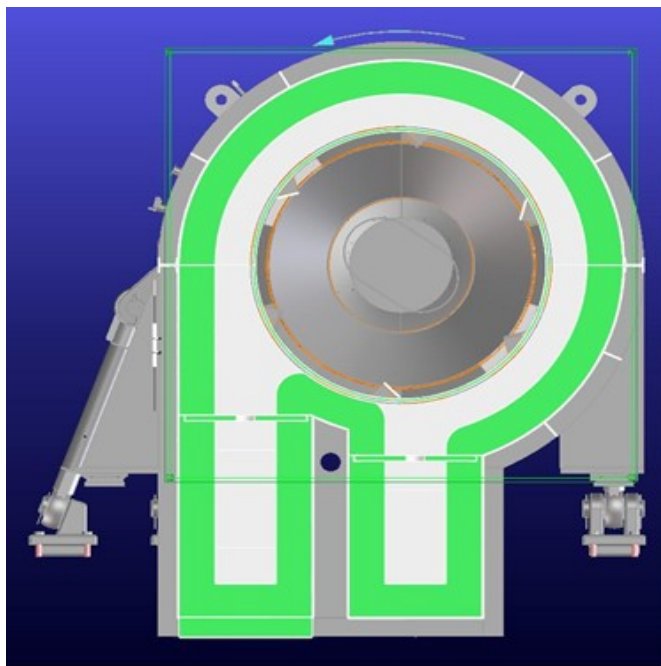
V jednotce na třídění odpadu se materiál nejdříve přivede k rotačním sítům třídícího bubnu. Z důvodů získání organické frakce s vyšším obsahem vlhkosti bude odpad separován rotačními sítí. Menší jemné částice projdou rotačním sítím a uloží se do zásobníku přes sušičky. Sběrný pás poté přivede větší a hrubší části materiálu z rotačního síta na drtič. Během této cesty je nutno vytržít neforemné materiály (ocelové sloupy, beton) ručně. Zbývající materiál se rozdrtí na velikost menší než 30 cm, což zabraňuje problémům při plnění [51].

Jemnější frakce ze síta u třídícího bubnu obsahuje větší část organické hmoty a frakci s vysokou vlhkostí (50 až 60%). Frakce je vedena rovnou směrem k rotačním bubnovým sušičkám. Jemná frakce se před pyrolýzním procesem suší, aby se zredukovala vlhkost. Pyrolýzní plyn má poté vyšší výhřevnost. Bubnová sušička se nepřímým vytápěním parní sušičkou, tvořenou žebrovými trubkami. Z důvodu toho, že se vyhřívací povrch sám čistí, zaručuje konstrukce spolehlivé dlouhodobé vypařování. Bubnová sušička je navržena pro celodenní provoz. Jednotka pro přípravu komunálního odpadu je navržena na jednu dávku na den provozu [51].

4.3.2 Jednotka pyrolýzní pece

Proces pyrolýzy je navržen jako systém nepřímým vytápěním rotační pece. Rotační pec je větší rotační trubka obklopená tlumičem s ohnivzdorným obložení. Vysokoteplotní spaliny se používají jako vytápěcí média cirkulující okolo trubky v tlumiči, až dochází k vytápění trubky (viz. Obr. 12). Přestup tepla probíhá pomocí sálání [51].

Ve vytápěné peci se odpad dále suší a ohřívá až na teplotu 550°C bez přístupu médií obsahujících kyslík. Při vyšších teplotách nejsou organické sloučeniny příliš stabilní. Dochází k postupnému rozkladu vysoce molekulárních látek na nízkomolekulární, čímž vzniká těkavý pyrolýzní plyn a koks. Vlivem náklonu u rotační pece se pyrolýzní koks přivádí směrem k výstupnímu bodu – skříni. Uvnitř výstupní skříně padá pyrolýzní koks do násypky propojené spolu s chladicím dopravníkem. Ve směru toku se separují kovy pro recyklaci a popílek se zbývajícím uhlíkem se ochlazuje a poté přivádí k procesu plazmového zplyňování [51].



Zdroj – [50]

Obrázek 12 Konstrukce rotační pyrolýzní pece

Výsledné produkty z pyrolýzy

Mezi výstupy z pyrolýzy se řadí pyrolýzní plyn a tuhý zbytek.

Pyrolýzní plyn

Před spalováním pyrolýzního plynu se prachová část separuje v horko plynovém cyklonu ve spalovací komoře. Veškeré jednotky a potrubí sloužící na zpracování pyrolýzního plynu jsou opatřeny izolací pokrytou galvanizovaným ocelovým plechem. Z horkoplynového cyklonu se prach odvádí propustí ven a přidává se k pyrolýznímu koksu. Cyklon se čistí během provozu čistícím systémem se skleněnými kuličkami. Budou použity dva cyklony a jejich celkový objemový průtok bude cca 9 000 Nm³/h s teplotou cca 500°C[51].

Tuhý produkt

Produkt pyrolýzy se odvádí pomocí chlazeného šroubového dopravníku do dvou šroubovitého směšovače. Ve směšovači se vyskytuje horký karbonizovaný produkt, který se chladí vodou. Pomocí vodního chlazení se karbonizovaný produkt snadno roztřídí. Roztříděná frakce je vedena do násypky k plazmovému zpplyňování. Díky technologii vysokoteplotního plazmového zpplyňování se popílek přemění na strusku. Krom eliminace

odpadu je k dispozici i odpadní teplo ze spalin. Teplo se využívá k předehřívání spalovacího vzduchu pro pyrolýzu. Spaliny se odvedou za generátor tepla, aby se vyčistily. Plynné sloučeniny spolu se sírou se odvedou už během pyrolýzy [51].

4.3.3 Spalovací komora

Ve spalovací komoře dochází ke spalování všech plynů, které přichází do procesu. Vlivem dlouhé doby setrvání a vysoké teploty je vyhoření na vysoké úrovni. V daném zařízení jsou použity dvě spalovací komory. Spaliny ze spalovací komory lze použít k vytápění pyrolýzní pece. Ve spalovací komoře se nachází spouštěcí hořák, který slouží k nastartování procesu [51].

Palivo je potřebné pouze u spuštění procesu. K nastartování procesu lze využít jakýkoliv typ paliva, např. naftu, topný olej nebo LPG. Tepelný výkon hořáku je 7 MW [51].



Zdroj – [50]

Obrázek 13 Plazmový reaktor u vysokoteplotního plazmového zplyňování

4.3.4 Parní generátor tepla (HRSG), výroba elektrické energie

Uvnitř vícestupňového kotle generují žhavé spaliny horkou páru. Dvě pyrolýzní pece obsahují jednu kotelnu s jedním kotlem. Pára z kotelny se vede turbínám a je přeměněna v elektrickou energii. Turbíny s více stupni mají odbočku pro odebranou páru s nízkým tlakem pro sušičku a odběr pro vytápění [51].

Spaliny použité pro vytápění rotační pyrolýzní pece a spaliny ze spalovací komory jsou spojeny a poté vedeny k vícestupňovému kotli. Zde se generuje pára. Základní parametry parního generátoru regenerace tepla (HRSG) jsou v tab. 11.

Tabulka 11 Základní parametry parního generátoru regenerace tepla (HRSG)

Parametr	Hodnota
Počet generátorů	1
Množství páry	62 t/hod
Teplota páry	400 °C
Provozní tlak	60 bar
Vstupní teplota spalin	900 °C
Výstupní teplota spalin	180 °C

4.3.5 Jednotka pro čištění plynu

Spaliny se po toku odpadového kotle čistí v systému suchému čištění. Množství pevných chemikálií (NaHCO_3) se proudem vzduchu vstříkuje do spalin před tkaninový filtr. Škodlivé látky se adsorbují díky pevným látkám. K odstranění stop rtuti či dioxinů ze spalin, se do chemikálií k jejich odstranění přidává malé množství aktivního uhlí [51].

Čištění spalin tvoří nekatalytická redukce NO_x před kotlem pomocí vstřikování močoviny v daném teplotním rozsahu. Tkaninový filtr je v provedení ze svařených ocelových plechů a obsahuje tyto součásti [51]:

- Čisticí regulátor s indikátorem diferenciálního tlaku
- Podstavec v provedení z ocelových profilů
- Zábradlí na okraji střechy a vertikální žebřík
- Tepelná izolace pro kompletní skříň filtru
- Elektricky vytápěná násypka prachu

- Prachový šroub a propust' s čelním ozubením, komplet s elektrickým pohonem
- Komora surového a čistého plynu s přípojovacím kusem a inspekčním otvorem, deska filtru pro uchycení filtračních vložek
- Filtrační pytlíky s podpěrnými koši, tryskami vstřikovače a úchytnými kroužky pro upevnění na straně čistého plynu
- Zásobník stlačeného vzduchu, membránové solenoidové ventily a vypouštěcí trubky
- Ventilové boxy s elektrickým vytápěním

Vstřik adsorbentu

Spaliny se upravují vstřikováním suchého adsorbentu kvůli zachycení škodlivých látek. Směs adsorbentu tvoří uhličitán sodný a aktivní uhlí. Pevná složka ze spalin se separuje na povrchu rukávového filtru. Čisté spaliny se vedou do komína přes sací ventilátor [51].

Vstřik adsorbentu je složen z [51]:

- Směšovacího zařízení umístěného ve spalinovém potrubí
- Pevné násypky s dávkovacím šroubem naspodu
- Vzduchového ventilátoru a vstřikovací části

5 VÝSLEDKY PROVOZNÍCH ZKOUŠEK A EMISNÍCH ZAŘÍZENÍ VYBRANÉHO PYROLÝZNÍHO ZAŘÍZENÍ

5.1 Přehled zařízení

Nabízeným zařízením pro zpracování pneumatik a využití některých plastů v České Republice je pyrolytická linka M3RP od dodavatele Ambient Energy LLC (USA), výrobce SCHOGEN (Indie). Dalším pyrolýzním zařízením je zařízení firmy Hedviga, spol. s r.o. PTR 1000 - (již popsáno výše), jež umožňuje energeticky využívat odpadní pryžové materiály, pneumatiky i komunální odpad, včetně ropných odpadů, a plastů [71].

5.2 Naměřené výsledky pyrolýzního zařízení PTR 1000

V následujících tabulkách č. 12, 13 a 14 jsou uvedeny hodnoty emisí u znečišťujících látek, které byly naměřeny na zařízení PTR 1000 při pyrolýze pneumatik.

Tabulka 12 Naměřené emisní hodnoty u zařízení PTR 1000 (společnosti HEDVIGA, spol. s r.o.) 18. 10. 2012, O₂ = 5%

Znečišťující látka	Střední hmotnostní koncentrace ZL	Emisní limit	Poznámka
NO _x	424 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³	Emisní limity pro kogenerační jednotky (plynové spalovací motory)
CO	104 mg/Nm ³	650 – 1300 mg/Nm ³	detto
TZL	0,55 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	Emisní limity pro spalování odpadu
HF	0,09 mg/Nm ³	1 mg/Nm ³	detto
HCl	1,85 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	detto
PCDD/F (Σ TEQ)	0,0307 ng/Nm ³	0,1 ng/Nm ³	detto
Hg	0,01600 mg/Nm ³	0,05 mg/Nm ³	detto
Cd	0,00088 mg/Nm ³	0,5 mg/Nm ³	detto
PAU	0,813 mg/Nm ³	1 mg/Nm ³	Emisní limit EU

Tabulka 13 Naměřené emisní hodnoty u zařízení PTR 1000 (společnosti HEDVIGA, spol. s.r.o.) 23. 01. 2013, O₂ = 11%

Znečišťující látka	Střední hmotnostní koncentrace ZL	Emisní limit	Poznámka
NO _x	284 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³	Emisní limity pro kogenerační jednotky (plynové spalovací motory)
CO	800 mg/Nm ³	650 – 1300 mg/Nm ³	detto
TZL	1,05 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	Emisní limity pro spalování odpadu
HF	0,09 mg/Nm ³	1 mg/Nm ³	detto
HCl	0,17 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	detto
PCDD/F (Σ TEQ)	0,00167 ng/Nm ³	0,1 ng/Nm ³	detto
Hg	0,00027 mg/Nm ³	0,05 mg/Nm ³	detto
Cd	0,00061 mg/Nm ³	0,5 mg/Nm ³	detto
PAU	0,000023 mg/Nm ³	1 mg/Nm ³	Emisní limit EU

Tabulka 14 Naměřené emisní hodnoty u zařízení PTR 1000 (společnosti HEDVIGA, spol. s.r.o.) 03. 06. 2013, O₂ = 11%

Znečišťující látka	Střední hmotnostní koncentrace ZL	Emisní limit	Poznámka
NO _x	244 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³	Emisní limity pro kogenerační jednotky (plynové spalovací motory)
CO	52 mg/Nm ³	650 – 1300 mg/Nm ³	detto
TZL	6,94 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	Emisní limity pro spalování odpadu
HF	0,02 mg/Nm ³	1 mg/Nm ³	detto
HCl	0,03 mg/Nm ³	10 mg/Nm ³	detto
PCDD/F (Σ TEQ)	0,00594 ng/Nm ³	0,1 ng/Nm ³	detto
Hg	0,00062 mg/Nm ³	0,05 mg/Nm ³	detto
Cd	0,00019 mg/Nm ³	0,5 mg/Nm ³	detto
PAU	0,000014 mg/Nm ³	1 mg/Nm ³	Emisní limit EU

6 ZPRACOVÁNÍ PŘÍPADOVÉ STUDIE

6.1 ČÁST C. - Údaje o stavu životního prostředí v dotčeném území

Posuzovaný záměr *Pyrolýzní zařízení Široký Důl* je výrobním energetickým záměrem umístěným do zemědělsky využívané lokality v katastrálním území Široký důl u Poličky v Pardubickém kraji, v obvodu obce s rozšířenou působností Polička. Životní prostředí je v zájmovém území poměrně málo antropogenně ovlivněno. V širším okolí zájmové lokality nejsou provozovány technologie nebo procesy, které by kvalitu životního prostředí výrazněji snižovaly.

Záměr si vyžádá zábor ploch vedených v ZPF, vyhýbá se chráněným částem krajiny (dle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění), tedy maloplošným i velkoplošným chráněným územím i územím soustavy Natura 2000.

6.1.1 Výčet nejzávažnějších environmentálních charakteristik dotčeného území

6.1.1.1 Územní systém ekologické stability

Pojem Územní systém ekologické stability krajiny je definován v § 3 odst. 1 a) jako vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů, které udržují přírodní rovnováhu. Dle hierarchické úrovně členíme ÚSES na místní, regionální a nadregionální. ÚSES umožňuje uchování a reprodukci přírodního bohatství, příznivě působí na okolní, méně stabilní části krajiny a vytváří tak základ pro její mnohostranné využívání. Vymezení ÚSES stanoví a jeho hodnocení provádějí orgány územního plánování a ochrany přírody ve spolupráci s orgány vodohospodářskými, ochrany zemědělského půdního fondu a státní správy lesního hospodářství [52].

Hlavním zdrojem informací o ÚSES v okolí zájmové lokality byly zejména územně analytické podklady Pardubického kraje.

Závazné vymezení ÚSES bylo stanoveno Zásadami územního rozvoje Pardubického kraje. Do této územně plánovací dokumentace byl ÚSES pro nad-regionální úroveň převzat z Územně technického podkladu nad-regionálního a regionálního ÚSES (1996, platnost od 1. 7. 1997). Zahrnuje 22 nad-regionálních biocenter a 26 nad-regionálních biokoridorů [52].

Na regionální úrovni byly skladebné části převzaty zejména z Generelu ÚSES Pardubického kraje (2011) a dále generelů pro území národního parku a CHKO. V Pardubickém kraji je vymezeno 135 biocenter a 106 biokoridorů. Na obrázku č. 14 jsou zachyceny prvky ÚSES v okolí zájmového území. Pro úplnost je uveden i tabulkový přehled jednotlivých prvků ÚSES.

V zájmovém území se vyskytuje velké množství jak lokálních tak regionálních prvků ÚSES, které jsou v maximální možné míře respektovány. U míst, kde dojde ke styku rozvojových ploch pro bydlení či sport a rekreaci s některými lokálními prvky ÚSES, se tyto lokality řeší tak, aby co nejméně ovlivnily funkčnost těchto prvků [52].

V následující tabulce č.12 je vyobrazen celkový přehled navržených prvků RÚSES, i revidovaných prvků ÚSES. Místní části ÚSES, jsou seřazeny dle základního členění: regionální biokoridory (RBK), lokální biocentra (LBC), lokální biokoridory (LBK) a interakční prvky (IP).

Tabulka 15 Přehled prvků ÚSES v rámci ÚP Široký Důl

Prvek	Název	Statut	Rozloha funkční (ha)
RBK	Lubná	stávající	119,7
LBC	U Širokého Dolu	stávající	3,9
LBC	Ke Království	stávající	25
LBC	Východní strana	nový	10,1
LBK	hranice k. ú. - U Širokého Dolu	stávající	4,2
LBK	U Širokého Dolu - Ke Království	nový	5,1
LBK	U Širokého Dolu - Ke Království / odbočka k hranici k. ú.	nový	5,4
LBK	Ke Království - hranice k. ú.	nový	3,7
LBK	RBK 882 - Východní strana	stávající	4,5
LBK	Východní strana - hranice k. ú.	stávající	4

Chybějící (nefunkční) úseky vymezeného ÚSES jsou vymezeny jako veřejně prospěšná opatření (VPO) s možností vyvlastnění. Přírodní (funkční) skladebné části ÚSES, tj. biocentra i biokoridory, jsou nezastavitelným územím [53].

Základní osou v hydrografické síti je zde Jalový potok, který protéká zastavěným územím obce a pramení u západní části katastru, 2 km - jižně od Širokého Dolu, při silnici Polička-Hlinsko. Protéká k severu až severovýchodu. Nadmořská výška u pramene je 579 m n. m. a nadmořská výška ústí je 368 m n. m. Plocha povodí vodního toku je 42,6 km² a délka u vodního toku je 17,6 km. Do vodního toku neústí žádný další významnější povrchový tok. I když se jedná o pramennou oblast, vyznačuje se Jalový potok nevyrovnaným vodním režimem s bezprostřední závislostí na srážkách a na tání sněhu. Největší průtoky jsou během jara a nejmenší na podzim. V zastavěné části obce je potok upravován. Na obou březích jsou vysázeny břehové porosty jako: jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), smrk ztepilý (*Picea abies*), růže šípková (*Rosa canina*) a další náletové dřeviny [53].

Zájmové území leží v povodí řek Dunaje a Labe. Dále katastr obce náleží k povodím III. řádu 1-03-02 : Loučná a Labe od Loučné po Chrudimku a 4-15-01 : Svratka po Svitavu, přesněji do povodí č. 1-03-02-010, č. 1-03-02-011 Pravostranný přítok Jalového potoka, č. 1-03-02-023 Lubenský potok, č. 4-15-01-010 Bílý potok po Baldecký potok, č. 4-15-01-016 Potůček a č. 4-15-01- 017 Černý potok – ústí [53].

6.1.1.2 Přehled vymezených mezofilních systémů ES:

- RBK 189 (Modřecký vrch) – údolí Kokořovského potoka – kóta vrchy, 657 m n. m. – katastrální území obce Poličky – Jedlová – nejvyšší vrchol Loučenské tabule.

Na území k. ú. Široký Důl se nacházejí prvky systému lokálního a regionálního ÚSES. Nad-regionální systém (NRBC ani NRBK) se v území nenachází. Území biocenter se řadí do přírodních ploch – P, včetně podmínek stanovení prostorového uspořádání a podmínek u ochrany krajinného rázu. Plochy u biokoridorů nejsou vymezeny.

Biokoridory se označují překryvnou značkou a vyskytují se na různých plochách s různým způsobem využití:

- Využití zajišťující zastoupení hojného počtu organismů, které odpovídají stálým stanovištním podmínkám během extenzivního lesnického nebo zemědělského hospodaření
- Rekreační plochy přírodního charakteru

Podmíněné nepřipustné využití:

- Změny u využití, které mohou snížit aktuální stupeň ekologické stability
- Další změny využití, které mohou znemožnit či ohrozit zakládání chybějící části biokoridorů a územní ochranu

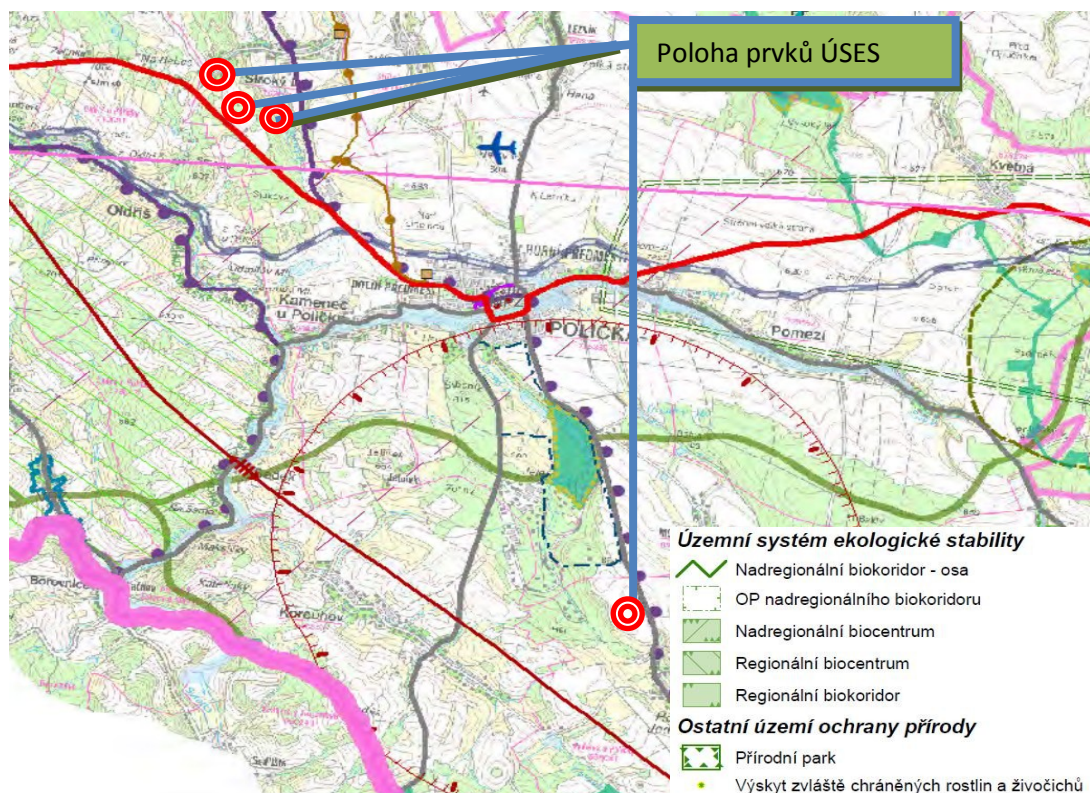
Podmíněné přípustné využití:

- Technické infrastruktury, liniové a dopravní stavby za podmínek minimalizování zásahu do biokoridoru a nenarušování jeho funkčnosti [53].



Zdroj: geoportal.cenia.cz

Obrázek 14 Poloha prvků ÚSES v širším okolí zájmové lokality



Zdroj: geoportal.cenia.cz

Obrázek 15 Výřez výkresu limitů využití území (ÚAP PLK)

6.1.2 Zvláště chráněná území, přírodní parky, významné krajinné prvky

6.1.2.1 Zvláště chráněná území

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění v části třetí, hlavě první, § 14 specifikuje kategorie zvláště chráněných území. Území přírodovědecky či esteticky velmi významná lze vyhlásit za zvláště chráněná; přitom se stanoví podmínky jejich ochrany.

Zájmová lokalita se nevyskytuje ve zvláště chráněných územích (velkoplošných či maloplošných). Maloplošná chráněná území dle zákona č. 114/1992 Sb., v platném znění, se ovšem nacházejí v širším okolí místa realizace záměru. Na západ směrem od města se rozkládá chráněná krajinná oblast Žďárské vrchy. Jihozápadním směrem od města je ranč s chovem koní. Na severní straně od města je vybudované letiště [54].

Nejbližší maloplošná chráněná území jsou vyhlášena na jižní a severozápadní straně od zájmového území, ve vzdálenosti řádově jednotek až desítek kilometrů.

Jedná se o lokality:

PP Sněženky ve Vysokém lese

Přírodní památka Sněženky ve Vysokém lese je chráněné území o rozloze 2,25 ha vyhlášené okresním úřadem Svitavy. Nachází se v nadmořské výšce 540m n. m. Přírodní památka má ev. č. 1688 a nachází se v okrese Svitavy. Tuto oblast spravuje AOPK ČR. Předmětem ochrany jsou zde zamokřené ekosystémy s hojným výskytem sněženky podsněžníku (*Galanthus nivalis*). Území je jako chráněné vyhlášeno od 1. 9. 1994 [55].

PP V Bukách

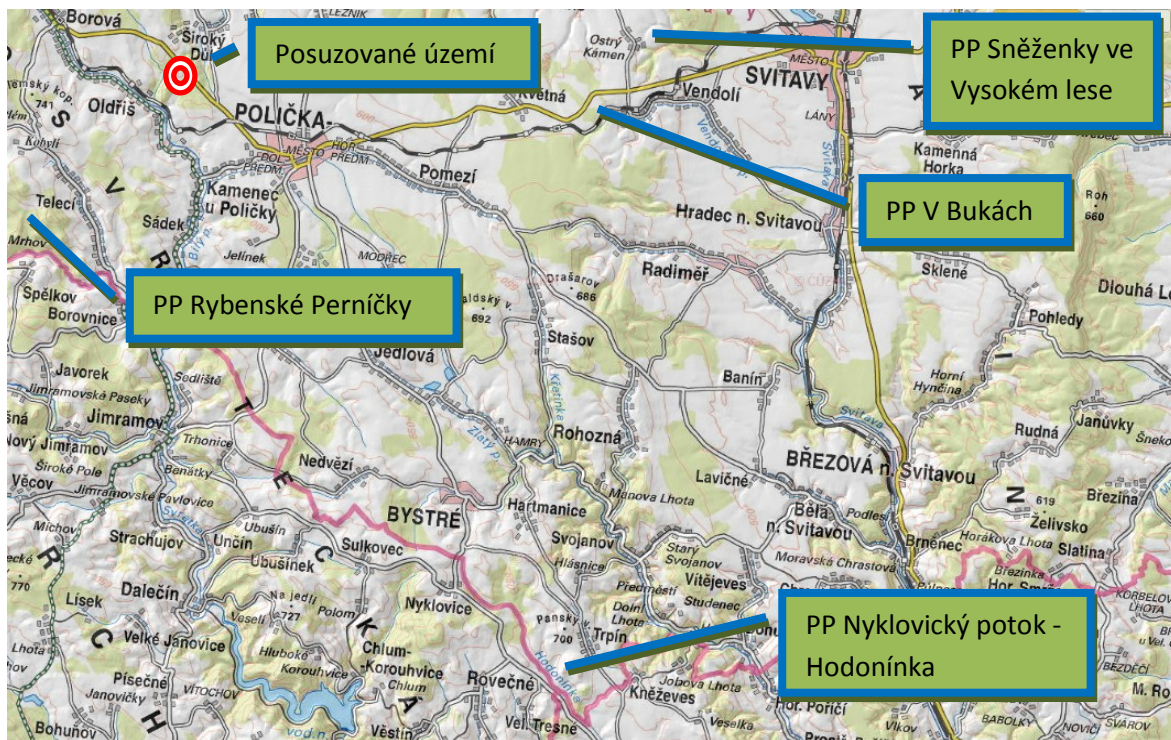
Přírodní památka V Bukách je chráněné území o rozloze 2 ha vyhlášené okresním úřadem Svitavy. Nachází se v nadmořské výšce 520 m n. m. Přírodní památka má ev. č. 479 a nachází se v okrese Svitavy. Tuto oblast spravuje AOPK ČR. Předmětem ochrany je zde smíšený jedlobukový les, který má podrost typický pro květnatou bučinu. Většina území je ale postupně prorostlá čistou bučinou. Území je jako chráněné vyhlášeno od 1. 1. 1956. Dle IUCN se jedná o území kategorie IV – řízenou rezervaci [56].

PP Nyklovický potok

Přírodní památka Nyklovický potok je chráněné území o rozloze 11,74 ha. Nachází se v nadmořské výšce 1280 m n. m. Přírodní památka má ev. č. 1280 a nachází se jihovýchodně od obce Nyklovice. Tuto oblast spravuje AOPK Havlíčkův Brod. Předmětem ochrany je zde údolní niva přirozeně meandrujícího potoka s bohatými nivními loukami, kde roste početná populace bledule jarní (*Leucojum vernalis*). Území je jako chráněné vyhlášeno od 15. 11. 1990 [57].

PP Rybenské rybníčky

Přírodní památka Rybenské rybníčky je chráněné území o rozloze 7,35 ha. Nachází se v nadmořské výšce 730 m n. m. Přírodní památka má ev. č. 682 a nachází se 1,5 km od obce Pustá Rybná v okrese Svitavy. Tuto oblast spravuje AOPK ČR – Správa CHKO Žďárské Vrchy. Předmětem ochrany je zde skalní útvar v lesním komplexu s charakteristickými geomorfologickými tvary a balvanitými sutěmi. Území je jako chráněné vyhlášeno od 20. 11. 1980 [57].



Zdroj: geoportal.cenia.cz

Obrázek 16 MZCHÚ ve výřezu mapy

6.1.2.2 Přírodní parky

Přírodním parkem se rozumí obecně chráněné území, podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Krajské úřady zřizují přírodní parky vyhláškou, ve které omezují činnosti, jež by mohly vést k rušení, poškození nebo zničení dochovaného stavu území, cenného pro svůj krajinný ráz a soustředěné estetické a přírodní hodnoty.

Předchůdcem přírodních parků byly tzv. klidové oblasti, které však byly zřizované pro omezování negativních vlivů na rekreační využívání těchto oblastí. Z klidových oblastí se podle uvedeného zákona staly přírodní parky. V širším okolí stanoveného zájmového území, především jižně a jihovýchodně, jsou vyhlášeny celkem dva přírodní parky [57].

Přírodní park Svratecká hornatina

Přírodní park Svratecká hornatina byl vyhlášen v roce 1990. Celková rozloha parku činí cca 36 000 ha. Svratecká hornatina je rozprostřena mezi okresy Blansko, Žďár nad Sázavou a Brno – venkov. Na jihu park vybíhá až k Tišnovu a na severu až k městu Polička. Území tvoří členitá pahorkatina, rozdělena na dvě části tektonickým prolomem, kde protéká řeka Svratka. V údolí jsou viditelné četné skalní výchozy.

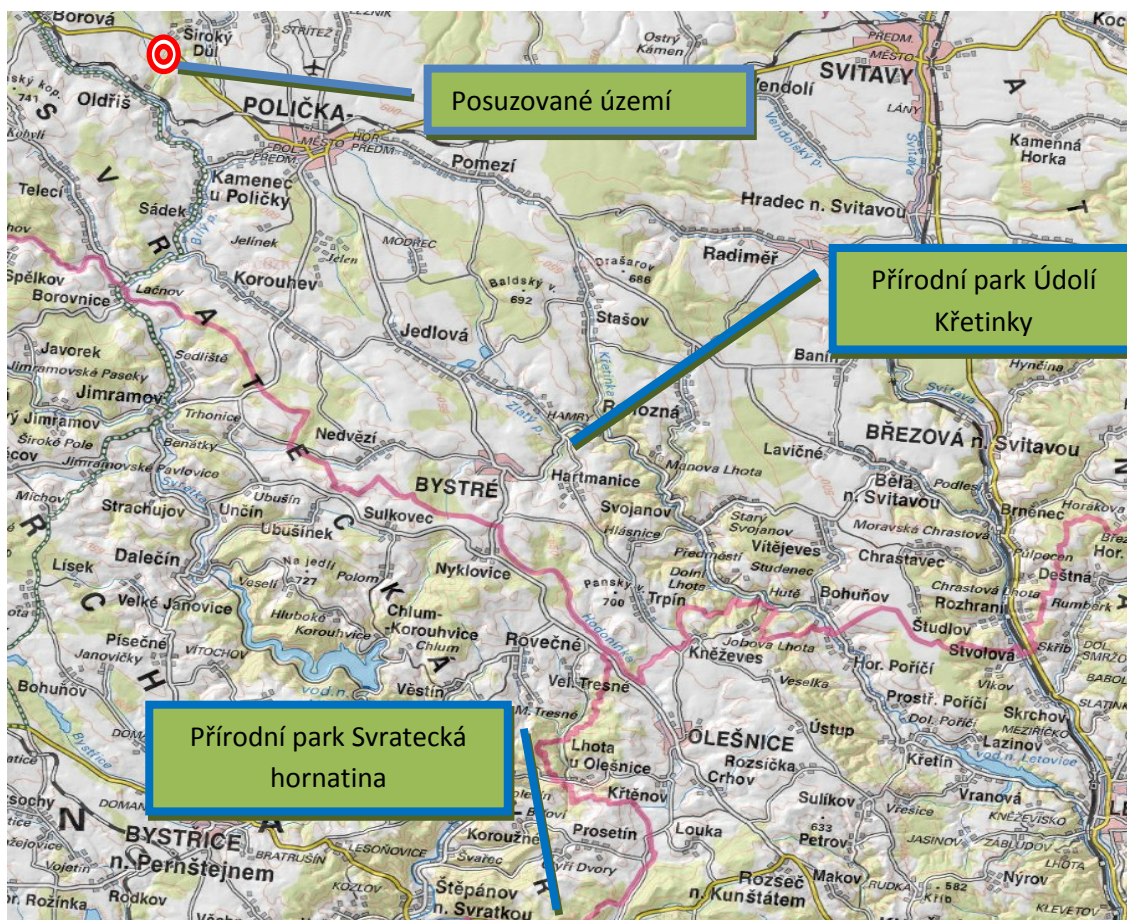
Nejvyšším bodem je vrchol Horní les (773 m n. m.) a nejnižším místem je údolí říční nivy u obce Štěpánov (260 m n. m.). Geologický podklad území tvoří horniny – krystalické vápence, hadce, fylity a ruly [58].

Síť vodních toků je tvořena řadou přítoků řeky Svatky. Hlavními z nich jsou Chlébský, Besének a Hodinínka. V horním toku řeky Svatky byla vybudována okolo roku 1950 Vířská přehrada, která sloužila jako zásoba pitné vody. Hráz Vířské přehrady dosahuje výšky 71 m. V přírodním parku Svratecká hornatina je vyhlášeno více než 35 chráněných území – např. PP Lhotské jalovce a stěny, PR Údolí Chlébského potoka nebo PR Vířská skalka [58].

Přírodní park Údolí Křetinky

Přírodní park Údolí Křetinky byl vyhlášen v roce 1996. Celková rozloha parku činí cca 5 570 ha. Údolí Křetinky se nachází u Svojanova, mezi obcemi Manova Lhota a Hartmanice. Území si po staletí zachovalo svůj typický ráz. Území je tvořeno pahorkatinou a protéká zde řeka Křetinka s množstvím přítoků, která se na konci vlévá do nádrže Letovice. Nádrž Letovice slouží ke sportovním účelům, rekreaci, protipovodňové ochraně a k výrobě elektrické energie. Nachází se zde významné krajinné památky např. V Jezdinách [59].

V lokalitě je výskyt velkého druhového bohatství lesních, lučních, hájových i teplomilných rostlin. Rostou zde druhy zvláště chráněných rostlin – např. prstnatec Fuchsův (*Dactylorhiza fuchsii*), jednokvítka velevětý (*Moneses uniflora*), střevíčník pantoflíček (*Cypripedium calceolus*), sasanka lesní (*Anemone sylvestris*), okrotice bílá (*Cephalanthera damasonium*), vemeník dvoulistý (*Platanthera bifolia*). Hlavní dominantou přírodního parku Křetinky je hrad Svojanov [59].



Zdroj: geoportal.cenia.cz

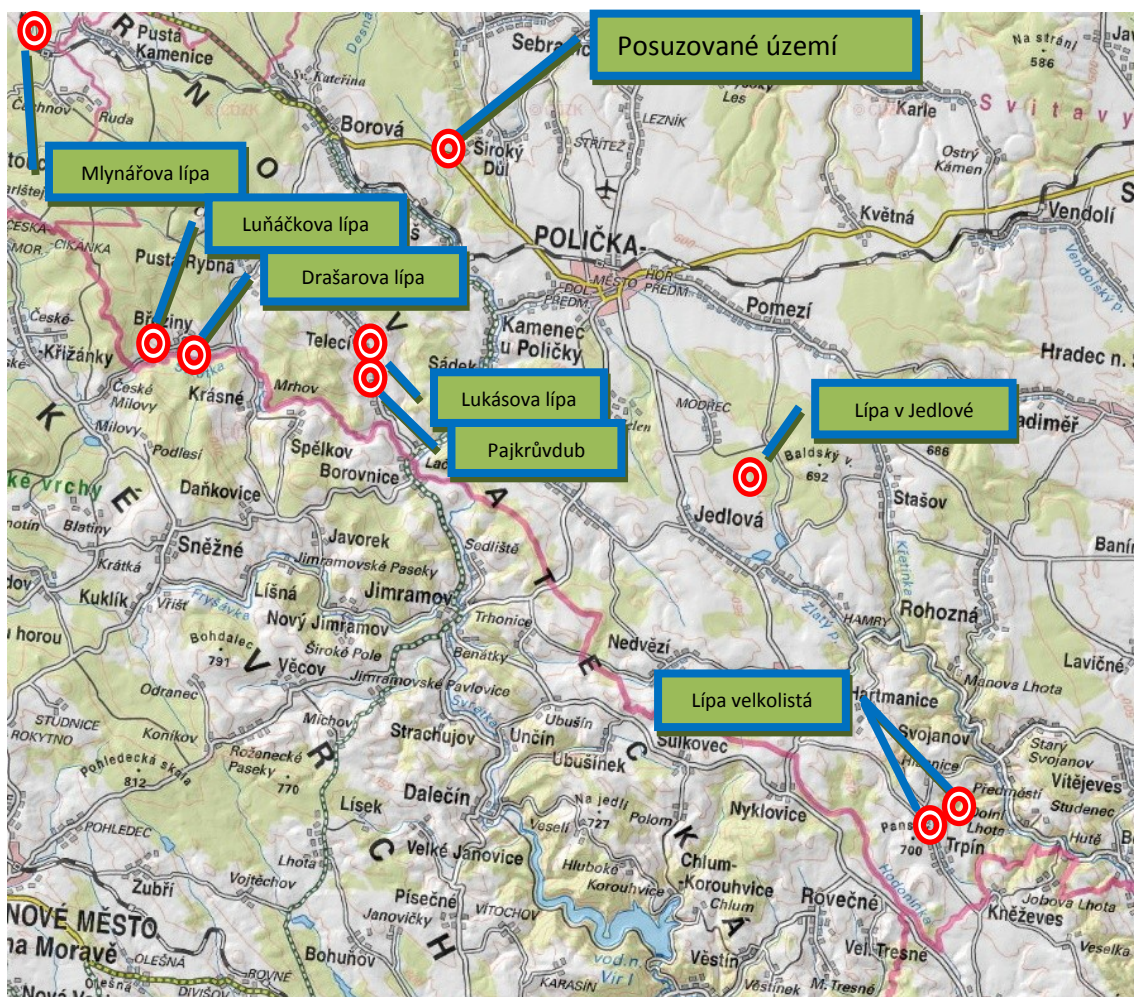
Obrázek 17 Polohy hranic přírodních parků ve výřezu mapy

6.1.2.3 Památné stromy

V zájmové lokalitě Široký důl ani v jeho nejbližším okolí se památné stromy nevyskytují. Nejbližší památné stromy se nachází o 13,5 km dále, v obci Jedlová. Jedná se o Lípu v Jedlové – lípa malolistá (*Tilia cordata*), nacházející se u obytné zástavby, směrem k poli. Na území obce s rozšířenou působností jsou dále vyhlášeny tyto památné stromy [53]:

Tabulka 16 Památné stromy vyhlášený na území ORP

Památný strom	Název památného stromu	Příslušný k.ú.
Lípa v Jedlové	lípa malolistá (<i>Tilia cordata</i>)	Jedlová u Poličky
Lípa velkolistá	lípa velkolistá (<i>Tilia platyphyllos</i>)	Trpín
Lípa velkolistá	lípa velkolistá (<i>Tilia platyphyllos</i>)	Trpín
Drašarova lípa	lípa malolistá (<i>Tilia cordata</i>)	Březiny u Poličky
Luňáčkova Lípa	lípa malolistá (<i>Tilia cordata</i>)	Březiny u Poličky
Lukášova lípa	lípa velkolistá (<i>Tilia platyphyllos</i>)	Telecí
Pajkrův dub	dub letní (<i>Quercus robur</i>)	Telecí
Mlynářova lípa	lípa malolistá (<i>Tilia cordata</i>)	Pustá Kamenice



Zdroj: geoportal.cenia.cz

Obrázek 18 Památné stromy v širším okolí zájmového území

6.1.2.4 Významné krajinné prvky

Významný krajinný prvek jako geomorfologicky, ekologicky nebo esteticky hodnotná část krajiny utváří její typický vzhled a může přispívat k udržení její ekologické stability. Významnými krajinnými prvky jsou dle § 3 b) lesy, rašeliniště, vodní toky, rybníky, jezera a údolní nivy. Dalšími jsou jiné části krajiny, které zaregistruje podle § 6 zákona č. 114/1992 Sb., v platném znění orgánu ochrany přírody a krajiny; jedná se zejména o remízy, meze, mokřady, stepní trávníky, trvalé travní plochy, naleziště nerostů a zkamenělin, výchozy a odkryvy a umělé i přirození skalní útvary. Patří zde také i cenné plochy porostů sídelních útvarů včetně historických parků a zahrad [60].

Zákon 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny navrhl novou kategorizaci a pojetí územní ochrany krajiny. V zájmovém řešeném území existují v rámci všeobecné ochrany krajiny "významné krajinné prvky" (VKP).

Kategorie významný krajinný prvek rozeznává dva typy VKP:

- I. Taxativně vyjmenované, tj. rašeliniště, lesy, vodní toky, rybníky, jezera a údolní nivy.
- II. Další části krajiny, které zaregistruje dle § 6 orgán ochrany přírody jako VKP, zejména stepní trávníky, meze, remízky, mokřady, trvalé travní plochy, naleziště nerostů a zkamenělin, odkryvy a výchozy, umělé i přirozené skalní útvary [60].

Základní povinnosti u obecné ochrany přírody, resp. VKP, stanovuje §4 odst. 2) zákona č. 114/1992 Sb., v platném znění. VKP jsou před poškozováním a ničením chráněny. Jsou využity tak, aby nedocházelo k narušení jejich obnovy a aby nedocházelo k oslabení jejich stabilizačních funkcí. K jakékoliv stavební činnosti, která může ovlivnit VKP je nezbytný souhlas od orgánu ochrany přírody [60].

Informace o významných krajinných prvcích byly převzaty z územního plánu Širokého Dolu, v němž je uvedeno, že v obci jsou vymezeny VKP:

- Široký důl
- Vstavače u lesa
- V Hatích
- Kamenské

Registrovaný VKP – V Hatích, je situován nejbližší posuzovanému území. Nachází se od něj necelých 400m. Jedná se o skupinu stromů na okraji lesa. VKP je zaregistrován od 4. 10. 2011.

Ostatní VKP se nachází severně a jihovýchodně od zkoumaného území. Také souvislé lesní porosty umístěny ve správním obvodu obce Široký Důl – Polička lze považovat za VKP „ze zákona“. Jiné VKP ve správním obvodu obce Široký Důl – Polička orgán ochrany přírody neeviduje.

6.1.3 Lokality soustavy Natura 2000

Dle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění je postup při vytváření národního seznamu Evropsky významných lokalit stanoven v části čtvrté, oddílu prvním zákona. Vymezování ptačích oblastí je uvedeno v oddílu druhém, hlavě první zákona. Jakákoli koncepce nebo záměr, který může samostatně nebo ve spojení s jinými významně ovlivnit území evropsky významné lokality nebo ptačí oblasti, podléhá hodnocení jeho důsledků na toto území a stav jeho ochrany z uvedených hledisek [61].

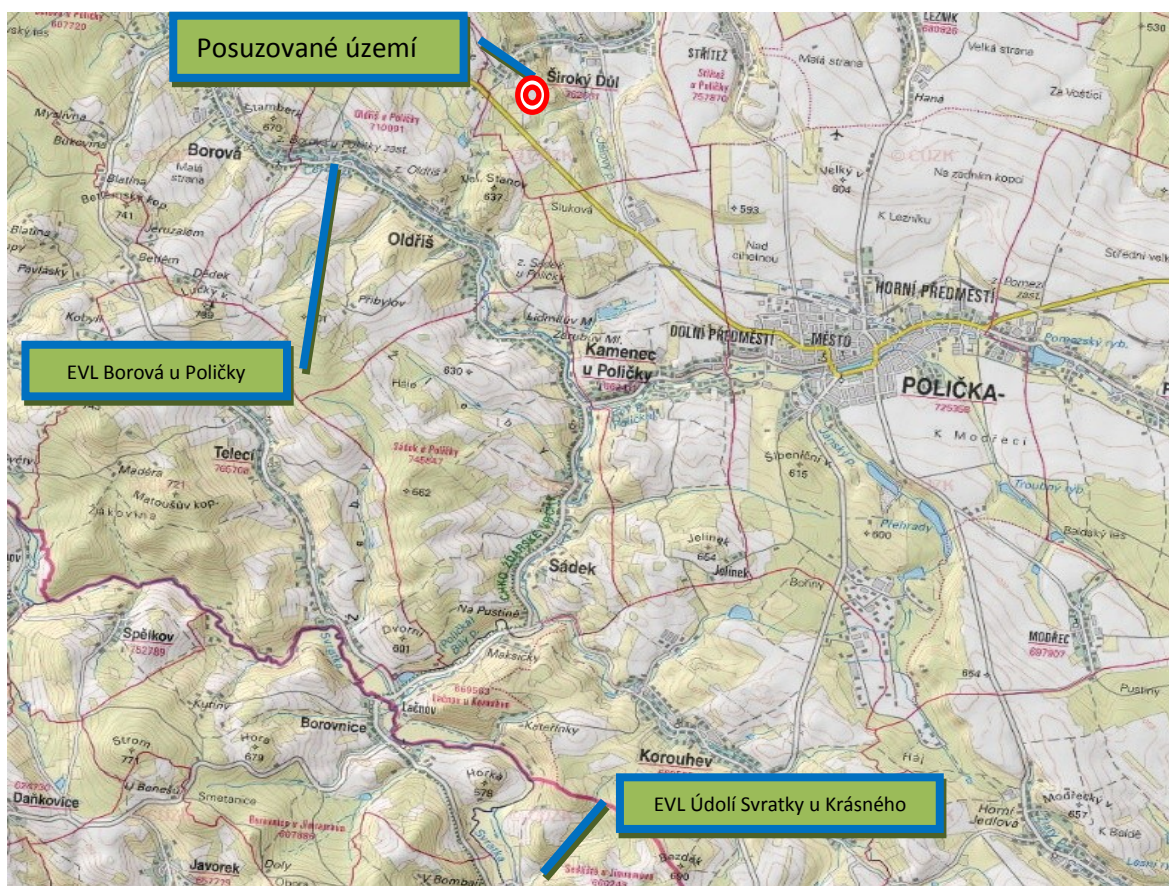
Přímo v místě posuzovaného záměru se nenacházejí území zařazená do sítě Natura 2000 nebo ptačí oblasti. Příslušný orgán posuzování vlivů na životní prostředí nevydal stanovisko – není zde tedy stanovený požadavek na pořízení změny ÚP a platná koncepce ÚP Polička se již nemění [53].

EVL Borová u Poličky (CZ0533685)

Nejbližší evropsky významnou lokalitou je EVL Borová u Poličky. Rozloha lokality je 0,04 ha. Jedná se o místo výskytu druhé největší letní kolonie vrápence malého (*Rhinolophus hipposideros*). Vzdálenost posuzovaného území od EVL Borová u Poličky je cca 3,5 km. Území bylo jako součást soustavy NATURA 2000 vyhlášeno ke dni 28. 6. 2002 [61].

EVL Údolí Svratky u Krásného (CZ0613010)

EVL Údolí Svratky u Krásného má rozlohu 96,53 ha. Jedná se o lokalitu údolí s ojedinělým výskytem modráška bahenního (*Maculinea nausithous*). Vzdálenost posuzovaného území od EVL Svratky u Krásného je cca 6,5 km. Území bylo jako součást soustavy NATURA 2000 vyhlášeno ke dni 29. 9. 2005 [62].



Zdroj: geoportal.cenia.cz

Obrázek 19 Poloha lokalit Natura 2000 v okolí zájmového území

6.1.4 Území historického, kulturního nebo archeologického významu

Území s archeologickými nálezy je bráno jako prostor, kde již v minulosti byly archeologické nálezy movité nebo nemovité povahy identifikovány a zároveň jako prostor, kde je velmi pravděpodobné vzhledem k přírodním podmínkám a dosavadnímu historickému a geologickému vývoji nálezy tohoto typu očekávat. Lokality s archeologickými nálezy rovněž splňují podmínky pro to, aby se mohla považovat za území s výskytem archeologického dědictví – ve smyslu Úmluvy o ochraně archeologického dědictví Evropy pod vyhláškou č. 99/2000Sb. m. [53].

Přímo v místě posuzovaného záměru se nenacházejí území s archeologickými nálezy. Nejbližší území s archeologickými nálezy se nachází v sousední obci Pomezí, vzdálené od zájmové lokality cca 9,5 km. Naleziště v Pomezí: na západním okraji vsi se v místě bývalé sýpky našlo zdivo renesanční novověké tvrze. Památka byla postavena po r. 1587 a přestavěna na sýpku po r. 1692. Jednalo se o jižní křídlo u hospodářského dvora „Schlössel“ [53].

Z pohledu památkové péče tedy lze chápat intravilán obce jako území s archeologickými nálezy (ÚAN), ve smyslu § 22 zákona č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, v platném znění a to ÚAN kategorie I. dle metodiky zpracované v rámci výzkumného úkolu „Státní archeologický seznam ČR“ č. KZ97PO2OPP001 zadáného Ministerstvem kultury České Republiky. Veškerá stavební nebo obdobná činnost, která by mohla pozměnit aktuální úroveň a členitost terénu (tzn. mimo objekty), nebo by mohla být nějakým způsobem realizována uvnitř objektů (např. v zásypech podlah, kleneb nebo sklepích), je spojena s likvidováním archeologických nalezišť a terénních situací na místech zásahu. Ve svém dopadu to znamená také likvidování vzájemných interakčních vztahů mezi těmito „terénními situacemi“ a zde se vyskytujícími archeologickými nálezy (movité povahy)[53].

V relevantním okolí posuzované lokality se tedy nachází jedno území s archeologickými nálezy I. Kategorie, znázorněno na obr. č. 20 (Poloha ÚAN v okolí zájmového území).



Zdroj: geoportal.cenia.cz

Obrázek 20 Poloha ÚAN v okolí zájmového území

6.1.5 Území hustě zalidněná

Posuzovaný záměr „Pyrolýzní zařízení Široký Důl“, se nachází na okraji obce Široký Důl v obvodu obce s rozšířenou působností Polička. Zájmová lokalita leží vedle firmy FLÍDR s.r.o. a FLÍDR plast u využívané zemědělské lokality, ve vzdálenosti od obytné zóny min 200 m.

K vyhodnocení zalidnění území byla využita data zveřejněná Českým statistickým úřadem z webového portálu www.czso.cz, zpracována k 31. 12. 2012. V Širokém Dole je registrováno 398 obyvatel (z toho 207 mužů a 191 žen) průměrného věku 38,1 let. Tento statistický údaj zahrnuje pouze obec Široký Důl. Katastrální plocha obce má rozlohu 601 ha a z toho zabírá orná půda 51 %. 1/5 z katastru obce je osázena lesním porostem a louky zabírají téměř 1/3 plochy [53].

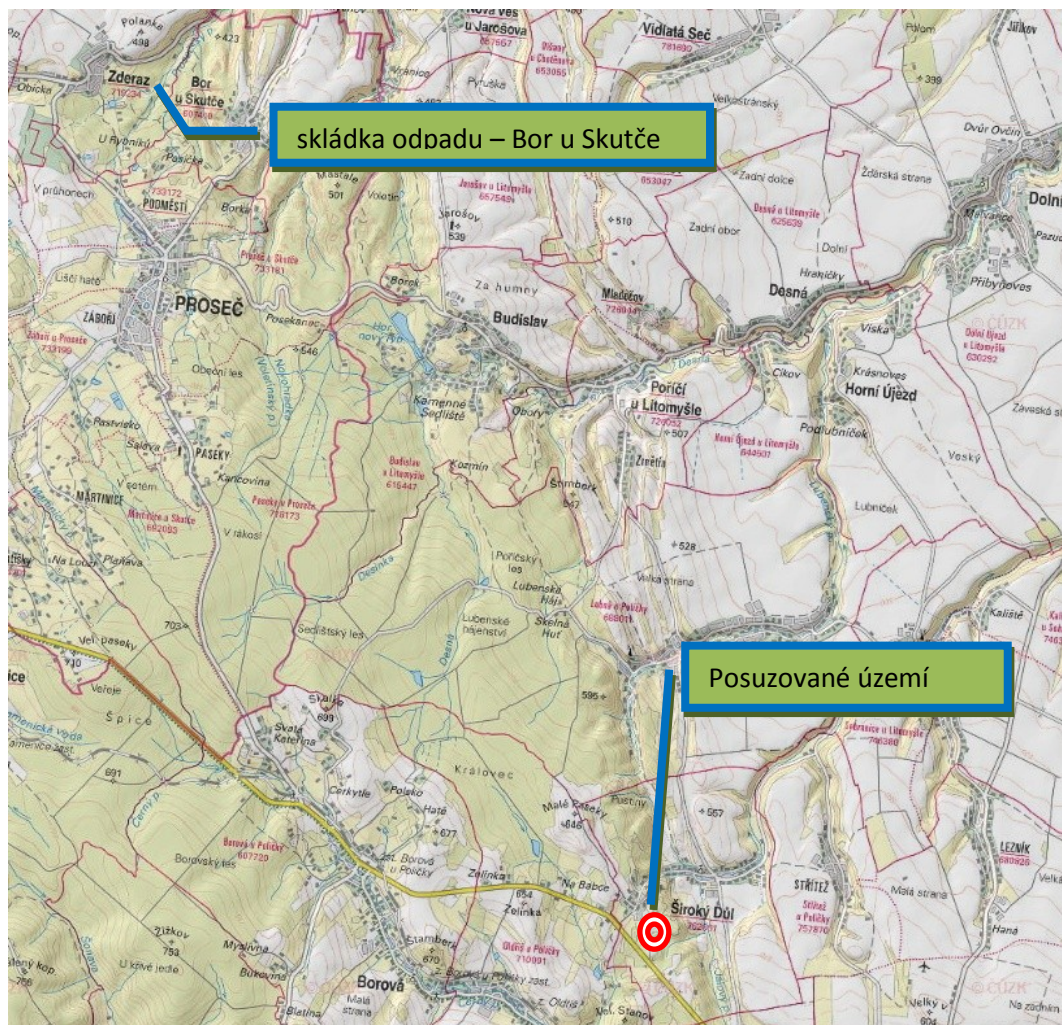
Zástavbu obce Široký Důl tvoří převážně rodinné více-generační domy různého stáří. Velmi ojediněle zde probíhá výstavba nových domů. V obci je vybudován vodovod, kanalizace, sběrný dvůr a plynofikace. Jedním z hlavních zaměstnavatelů je zde firma FLÍDR s.r.o. s počtem zaměstnanců 200 – 249. V obci je základní škola prvního stupně. Kromě firmy FLÍDR s.r.o. se v obci nenachází žádné další průmyslové areály. Na základě

výše uvedeného lze konstatovat skutečnost, že obec Široký důl nelze považovat za území silně urbanizované či zalidněné [63].

6.1.6 Území zatěžovaná nad míru únosného zatížení, staré ekologické zátěže, extrémní poměry v dotčeném území

Termínem „stará ekologická zátěž“ je označeno znečišťování životního prostředí nad přípustnou míru v důsledku dlouhodobé činnosti v minulosti. Kvůli staré ekologické zátěže mohou být pozůstatky lidské činnosti s negativními dopady na životní prostředí, jako jsou např. znečištění podzemních vod, kontaminace zemin a staveb. Důležitým nástrojem při posuzování rizik souvisejících se znečišťováním horninového prostředí (půdního vzduchu, zemin, podzemní vody), stavebních konstrukcí a skládek odpadů, obecně označovaných jako ekologické zátěže je analýza rizik [64].

V k. ú. Bor u Skutče je vymezena jedná stará ekologická zátěž, která je zachycená na mapě z webového portálu geoportal.cenia.cz (viz obr. č. 21). Jedná se o skládku odpadů. V Systému evidence kontaminovaných míst (SEKM), který provozuje CENIA, ovšem tato lokalita uvedena není. Absence bližších údajů o této lokalitě ale není nijak zásadním nedostatkem, protože lokalita se nachází mimo území, do něhož je záměr „Pyrolýzní zařízení Široký Důl“ uvažován. V k. ú. Polička – Široký Důl se žádná (registrovaná, evidovaná) stará ekologická zátěž nenachází [64].



Zdroj: geoportal.cenia.cz

Obrázek 21 Poloha starých ekologických zátěží v okolí zájmového území

6.2 Charakteristika současného stavu životního prostředí v dotčeném území

6.2.1 Ovzduší, klima

6.2.1.1 Ovzduší

Imisní situace blízké lokality území bude v převážné míře ovlivněna emisemi průmyslových zdrojů ve vzdálenějším okolí, zejména z Litomyšle, či ze Svitavské aglomerace. Na posuzovaném území ani v jeho okolí není registrován žádný zvláště velký ani velký zdroj znečišťování ovzduší.

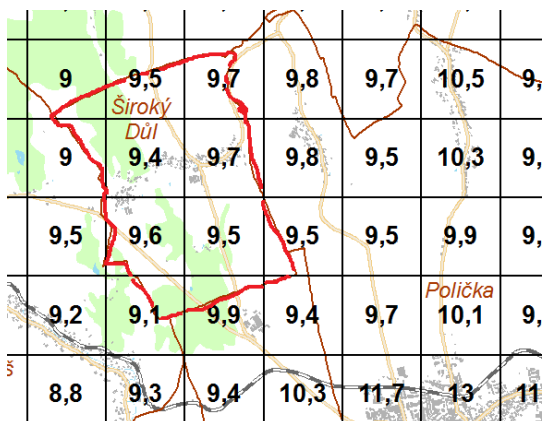
Ke znázornění aktuální imisní situace jsou níže uvedeny koncentrace znečišťujících látek, získané z portálu ČHMÚ. Data vypovídají o pětiletých průměrech (2009-2014), a lze je považovat za relevantní údaje o imisním pozadí (o imisní situaci) v posuzovaném území[65].

Tabulka 17 Hodnoty znečištění ovzduší dle pětiletých průměrů (2009-2014)

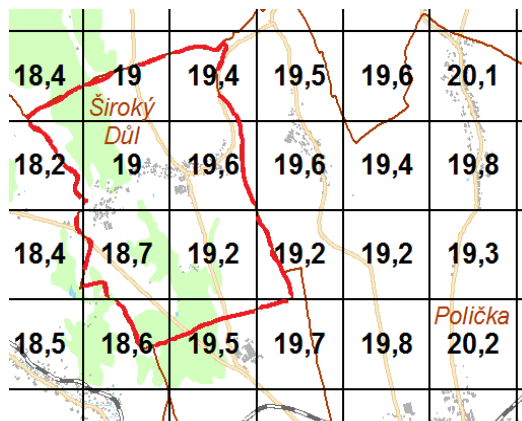
Polutant	Sledované období	Imisní limit (ochrana zdraví)	Stanovená hodnota
NO ₂	roční průměrná koncentrace	40 µg.m ⁻³	9,4 – 9,7 µg.m ⁻³
PM10	roční průměrná koncentrace	41 µg.m ⁻³	19 – 19,6 µg.m ⁻³
PM10	36. nejvyšší 24 hodinová průměrná koncentrace	50 µg.m ⁻³	32,3 – 33,3 µg.m ⁻³
PM2,5	roční průměrná koncentrace	25 µg.m ⁻³	15 – 15,4 µg.m ⁻³
SO ₂	4. nejvyšší 24 hodinová koncentrace	125 µg.m ⁻³	18,1 – 18,3 µg.m ⁻³
Benzen	roční průměrná koncentrace	5 µg.m ⁻³	1 – 1,1 µg.m ⁻³

Oblast tedy lze vyhodnotit jako oblast s poměrně dobrou kvalitou ovzduší. I přesto nelze úplně vyloučit možné krátkodobé překročení imisních limitů (hodinových, 24 hodinových) zejména v zimních měsících - topné sezóně, kdy lze očekávat silný vliv lokálních topenišť[65].

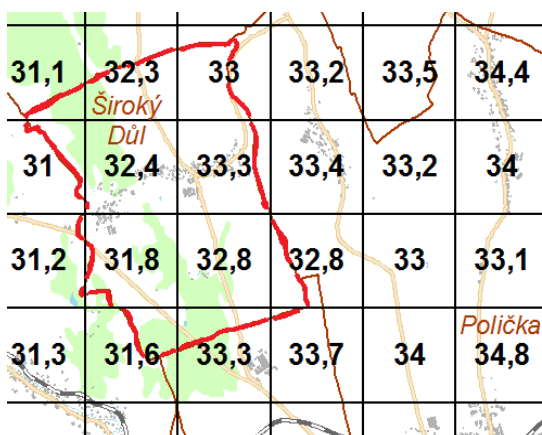
Na následujících obrázcích č. 22, 23, 24, 25, 26, a 27 jsou zaznačeny emisní limity, látky znečišťující ovzduší na zájmové lokalitě a jejich koncentrace. Data jsou použita ze serveru: www.portal.chmi.cz



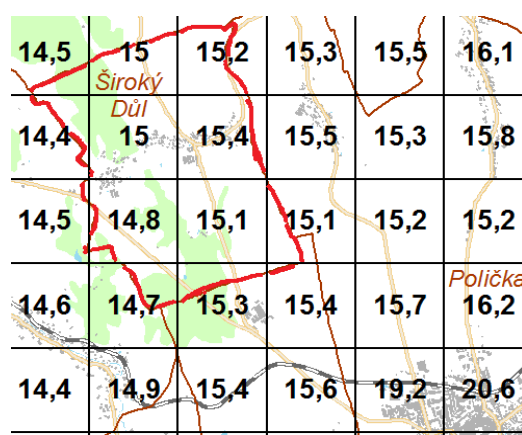
Obrázek 22 NO₂ (roční průměrná koncentrace)



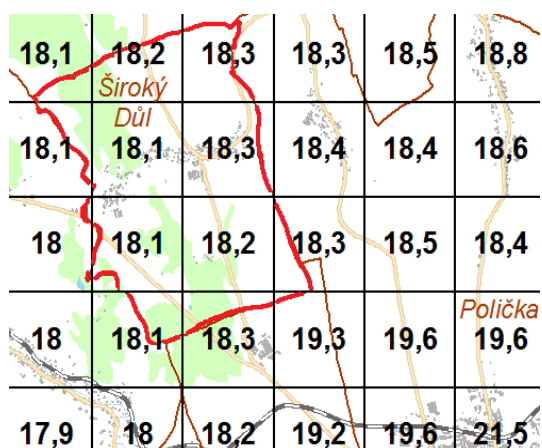
Obrázek 23 PM10 (roční průměrná koncentrace)



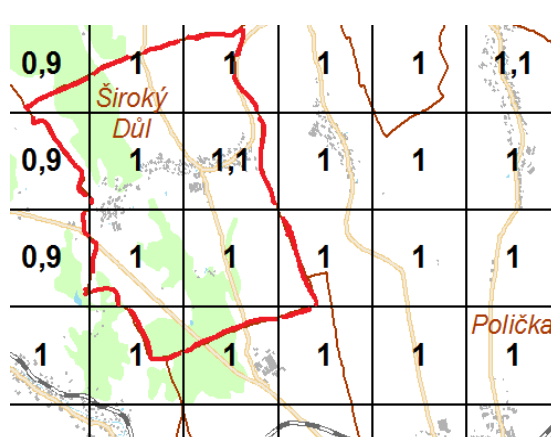
Obrázek 24 PM10 (36.nejvyšší 24 hodinová průměrná koncentrace)



Obrázek 25 PM2,5 (roční průměrná koncentrace)



Obrázek 26 SO₂ (4. nejvyšší 24 hodinová koncentrace)



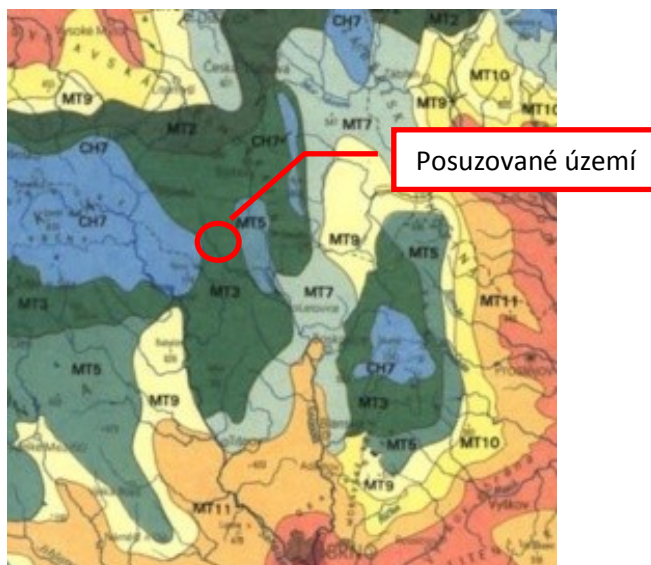
Obrázek 27 Benzen (roční průměrná koncentrace)

6.2.1.2 Klima

Klimaticky lze zájmovou oblast zařadit na pomezí dvou klimatických oblastí, a to MT 5 a MT 3 (dle Quitta, 1971). Jednotlivé klimatické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce č. 15 níže.

Tabulka 18 Charakteristika makroklimatických poměrů v zájmovém území

Sledovaný parametr	MT 5	MT 3
Počet letních dnů	30 – 40	20 - 30
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	140 – 160	120 – 140
Počet mrazových dnů	130 – 140	130 – 160
Počet ledových dnů	40 – 50	40 – 50
Průměrná teplota v lednu [°C]	1	1
Průměrná teplota v červenci [°C]	16 – 17	16 – 17
Průměrná teplota v dubnu [°C]	6 – 7	6 – 7
Průměrná teplota v říjnu [°C]	6 – 7	6 – 7
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	100 – 120	110 – 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období [mm]	350 – 450	350 – 450
Srážkový úhrn v zimním období [mm]	250 – 300	350 – 450
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 – 100	60 – 100
Počet dnů zamračených	120 – 150	120 – 150
Počet dnů jasných	50 - 60	40 - 50



Zdroj: <http://www.ovocnarska-unie.cz/sispo/?str=klima-mapa>

Obrázek 28 Výřez z mapy klimatických regionů (Quitt, 1971)

V tabulkách jsou uvedeny doprovodné klimatologické charakteristiky zájmového území. Přímě v zájmovém území se měření těchto hodnot neprovádí, jsou proto využity údaje z let 1990-1991 z klimatologické stanice Svatka – kraj Vysočina, která se nachází 21 km od zájmového území.

Tabulka 19 Průměrné měsíční a roční dlouhodobé teploty v zájmovém území (°C)

I.	II.	III.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
-0,6	1	4,5	9,8	14,5	17,6	19,4	19,1	14,3	9,4	5	0,5	9,5

Tabulka 20 Průměrné měsíční a roční dlouhodobé srážky (mm)

I.	II.	III.	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
32	27	35	27	61	63	80	61	31	31	31	30	43,6

6.2.2 Voda

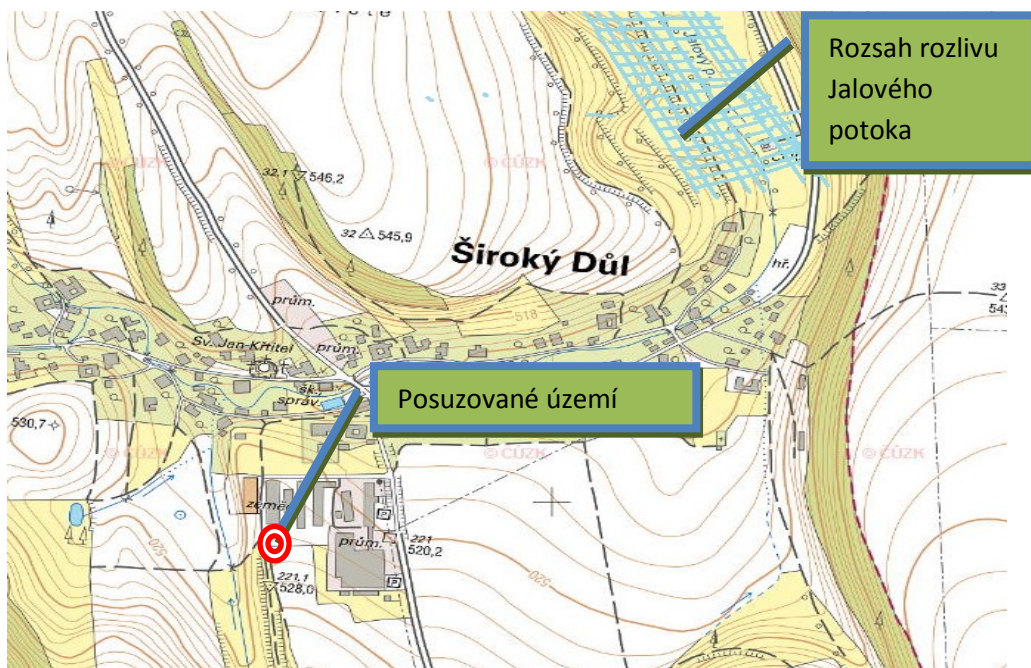
Povrchové vody:

Základní osou v hydrografické síti je zde Jalový potok, který protéká zastavěným územím obce a pramení u západní části katastru 2 km - jižně od Širokého Dolu při silnici Polička-Hlinsko. Protéká k severu až severovýchodu. Nadmořská výška u pramene je 579 m n. m. a nadmořská výška ústí je 368 m n. m. Plocha povodí vodního toku je 42,6 km² a délka vodního toku je 17,6 km. Do vodního toku neústí žádný další významnější povrchový tok. I když se jedná o pramennou oblast, vyznačuje se Jalový potok nevyrovnaným vodním režimem s bezprostřední závislostí na srážkách a na tání sněhu. Největší průtoky jsou během jara a nejmenší na podzim. V zastavěné části obce je potok upravován. Na obou březích jsou vysázeny břehové porosty jako: jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), smrk ztepilý (*Picea abies*), růže šípková (*Rosa canina*) a další náletové dřeviny [53].

Zájmové území leží v povodí řek Dunaje a Labe. Dále katastr obce náleží k povodím III. řádu 1-03-02 : Loučná a Labe od Loučné po Chrudimku a 4-15-01 : Svratka po Svitavu, přesněji do povodí č. 1-03-02-010, č. 1-03-02-011 Pravostranný přítok Jalového potoka, č. 1-03-02-023 Lubenský potok, č. 4-15-01-010 Bílý potok po Baldecký potok, č. 4-15-01-016 Potůček a č. 4-15-01-017 Černý potok – ústí. [53].

Rozlívová území:

Vzhledem ke konfiguraci terénu (vyvýšená lokalita na terénních vyvýšeninách) je možno konstatovat, že je zájmová lokalita situována mimo aktivní záplavové území. Níže je uveden rozsah rozlivu Jalového potoka.



Zdroj: geoportal.cenia.cz

Obrázek 29 Rozsah rozlivu vodotečí v okolí zájmového území při Q100

Podzemní vody:

Nejbližší vyskytující se podzemní vody, jsou u města Svitavy, cca 21,5 km od posuzovaného území. Na Svitavsku se podzemní vody vyskytují v části území, které překrývá chráněnou oblast přirozené akumulace – Východočeská křída. Vydatnost místních vodních zdrojů se zde pohybuje v desítkách l/s a využitelné zdroje pro město Svitavy jsou ve výši asi 180 l/s, (vrt CL 1 poblíž obce Čistá má vydatnost 100 l/s). Okolní obce se vyznačují vydatností v l/s a zajišťují dodávání vody s téměř 100% zabezpečením. Toto je způsobeno geologickou stavbou území a ve Východočeské křídě jsou zastoupeny tyto hydrologické rajóny: Ústecká synklinála, Vysokomýtská synklinála, Kyšperská synklinála, Poorlická brázda a Velkoopatovická křída [52].

Tabulka 21 Přehled významných zdrojů nad 20 l/s

Přehled významných zdrojů nad 20 l/s	l/s
Moravská Třebová	145,2
Svitavy	219,4
Jevíčko	38,5
Městečko Trnávka	37,2
Polička	194,91
Fialová Voda	38,5

6.2.3 Půda, horninové prostředí a přírodní zdroje

V obvodu zájmového území jsou zastoupeny fluvizemě a luvizemě. Fluvizemě se vyskytují na větších územích, především v nížinách a podél větších vodních toků a zavlhčených území. Z celkového zemědělského půdního fondu tvoří asi 6%. Bývalým půdním porostem těchto půd byl lužní les, avšak na řadě území jej nahradily údolní louky. Fluvizemě mají ze zemědělského hlediska obrovský význam pro luční porosty. Luvizemě jsou ilimerizované půdy, často doprovázené o proces oglejení. Vyskytují se především v rovinnatějších úsecích krajiny nebo v mírných svazích. U luvizemí se vyskytuje malá kvalita humusu a nižší úrodnost [66].

Kvalita půd přímo v místě realizace hodnoceného území, byla stanovena dle kódů BPEJ jednotlivých parcel pravděpodobně dotčených výstavbou. Z veřejně dostupného elektronického informačního zdroje (www.cuzk.cz) byly zjištěny níže uvedené kódy BPEJ, které jsou v zájmové lokalitě vymezeny. Půdy reprezentované danými kódy BPEJ je možno dále zařadit do tříd ochrany (dle zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu v platném znění, a dle vyhlášky č. 48/2011 Sb., o stanovení tříd ochrany). Popis jednotlivých tříd ochrany je převzat z Metodického pokynu Odboru ochrany lesa a půdy MŽP ze dne 1.10.1996 č.j. OOLP/1067/96 [67].

Třídy Ochrany:

I. třída ochrany: Jsou zde řazeny bonitně nejcenější zemědělské půdy v jednotlivých klimatických regionech, převážně v plochách rovinných nebo jen mírně sklonitých, které je možno odejmout ze ZPF pouze výjimečně, a to převážně na záměry související s obnovou ekologické stability krajiny, případně pro liniové stavby zásadního významu.

II. třída ochrany: Jsou zde řazeny zemědělské půdy, které mají v rámci jednotlivých klimatických regionů nadprůměrnou produkční schopnost. Ve vztahu k ochraně ZPF jde o půdy vysoce chráněné, jen podmíněčně odnímatelné a s ohledem na územní plánování také jen podmíněčně zastavitelné.

III. třída ochrany: Do III. třídy ochrany jsou sloučeny půdy v jednotlivých klimatických regionech s průměrnou produkční schopností a středním stupněm ochrany, které je možno využít pro eventuální výstavbu.

IV. třída ochrany: Jsou zde zahrnuty půdy, jež jsou v rámci jednotlivých klimatických regionů vyznačovány podprůměrnou produkční schopností a omezenou ochranou. Jsou využitelné pro stavby i jiné nezemědělské účely.

V. třída ochrany: Do této třídy ochrany jsou sdruženy zbývající půdy, které se vyznačují velmi nízkou produkční schopností. Jedná se o mělké půdy, silně skeletové a silně ohrožené erozí. Jsou to půdy s nejnižším stupněm ochrany, s výjimkou vymezených ochranných pásem a chráněných území [52].

6.2.4 Fauna a flóra

6.2.4.1 Flóra

Původně převážně lesnatý ráz krajiny u posuzované lokality je od období středověké kolonizace lidskou činností silně pozměněn. Na konci 18 st. se zde vyskytovaly převážně porosty jedlo-bukové, které postupně nahradily smrčiny. Tento jev se vyskytuje dodnes, kdy je současné rozložení porostů: smrk ztepilý (*Picea abies*) 87%, borovice lesní (*Pinus sylvestris*) 6%, nepůvodní modřín opadavý (*Larix decidua*) 1,5% a jedle bělokorá (*Abies alba*) 1%. Procentuální zastoupení buku lesního (*Fagus sylvatica*) postupně kleslo na 2%, ale vzrostlo zastoupení olše lepkavé (*Alnus glutinosa*) 2%, břízy bělokoré (*Betula*

pendula) 1,2% a ostatní dřeviny 0,8%. Dle vegetační stupňovitosti zde převládá 6. lesní smrko-bukový vegetační stupeň [68].

Původním vegetačním pokryvem byly jedlové bučiny (5 AB3: *Abieti – fageta*), které patří mezi trofické mezi-řady oligotrogně hydrické a mezitrofní normální, jež tvoří cca 45% plochy území CHKO Žďárské Vrchy a okolí. Větší přísun srážek a proměnlivost terénu v okolí zájmového území podnítil růst přesličkových smrčín (5 A46: *Piceeta abietinasphagnosa*, 5 AB-B4: *Abieti – piceeta equiseti*) – vznikající asi na 37 % území – a růst rašeliníkových smrčín. Mezi typická společenstva hydrických řad patří javorové bučiny s jasanem (5 BC-C 45: *Aceri – fageta fraxini*), které jsou zhruba na 2 % území [68].

Patří zde také přirozené mokřadní smrkové olšiny (5 AB-BC 5b: *Picei – Aneta*), které jsou ovlivňovány pomalu tekoucí nebo stagnující vodou, s výskytem mezotrofních druhů rostlin. Vývoj bioty je postupně již od hlubokých rašeliníštních borových smrčín (5 A 46: *Pini – Piceetaturfosa*) a typických blatkových borů (5 A 6: *Pineta rotundatae*). Rašeliníštní hydrické řady u geobiocenózách zaujímají plochu necelého 1% z území. Geobiocenózy u Jalového potoka a ostatních říčních niv zaujímají asi 0,5% plochy území [69].

U míst, kde byla lidská činnost postupně omezena z důsledku nevhodných stanovištních podmínek, vznikala postupně přírodně blízká nelesní společenstva, jako např. ekosystémy tekoucích vod, vysoké ostřice, rašeliníštní louky a pastviny, kde se vyskytují chráněné druhy rostlin a živočichů. Nejsledovanějším záměrem nejen v lokalitě posouvaného území, ale v celém Pardubickém kraji je sledování lokalit výskytu rdestu dlouholistého (*Potamogeton praelongus*). Tento záměr je finančně podporován SFŽP a MŽP [52].

6.2.4.2 Fauna

Ze zoogeografického hlediska se posuzované území nachází ve faunistickém okrsku a obvodu Českomoravská vrchovina s malým podílem horských lokalit Českého masivu. Hlavní faunou je zde tzv. podhorská lesní a luční fauna hercynského původu. V důsledku odvodňování postupně donedávna vyhraněná fauna rašelinných luk silně ustoupila. Jedná se o druhy jako žluťásek borůvkový (*Colias palaeno*), modrásek stříbro-skvrný (*Vaccini inaeptile*) [68].

Tekoucí vody v okolí posuzované lokality patří především do pstruhového pásma a na řece Svratce je vyvinuté lipanové pásmo (lipan podhorní – *Thymallus thymallus*). V potocích, říčkách a některých tůních se vyskytuje mihule potoční (*Lampetra planeri*). Dle zákona o ochraně přírody a krajiny se v území Širokého Dolu a Žďárských Vrchů vyskytuje 13 kriticky ohrožených ptáků a 45 ohrožených druhů živočichů. Nejčastěji ohrožené jsou druhy z řad ptáků – asi 51 ve všech kategoriích [68].

6.2.5 Kulturní památky

V místě zkoumaného území, je celá řada nemovitých kulturních památek, uvedených v ústředním seznamu kulturních památek.

V databázi Národního památkového ústavu (v ústředním seznamu kulturních památek – ÚSKP) jsou na území Široký důl evidovány tyto objekty:

- **Kostel sv. Jana Křtitele** (ÚSKP: 10430/5-5487) situovaný na náměstí. Jedná se o gotický kostel z první poloviny 14 st.
- **Socha panny Marie** (ÚSKP 29476/5–3004) situovaná poblíž kostela sv. Jana Křtitele. Socha se nachází na č.p. 70 a byla vybudována roku 1876.
- **Železný kříž** (ÚSKP 29474/5–3003) je památkou postavenou roku 1879. Nachází se u hřbitova, před vstupem do kostela sv. Jana Křtitele. Nachází se na č.p. 66
- **Silův statek** (ÚSKP 39572/032609) objekt č.p. 3. Jedná se o usedlost z roku 1666
- **Roubená chalupa** (ÚSKP 10830/5-5287) objekt č.p. 56
- **Nováková usedlost** (ÚSKP 10429/5-5217) situovaná u objektu č.p. 16. Jedná se o stavbu z roku 1789 [70].

6.3 Celkové zhodnocení kvality životního prostředí v dotčeném území z hlediska jeho únosného zatížení

V kapitolách výše byly podrobně popsány jednotlivé složky životního prostředí, a to v zájmovém území se vyskytující i složky a součásti vzdálenější. Z hlediska kvality životního prostředí lze konstatovat, že předmětná lokalita vykazuje dlouhodobě udržitelný environmentální charakter, který je podpořen využíváním i širšího okolí.

Dle vhodnosti umístění posuzovaného záměru do zájmového území lze konstatovat, že se zájmová lokalita jeví jako podmíněčně vhodná pro realizaci předmětného záměru. V zájmovém území se nenachází žádné stavby či zařízení, které by s posuzovaným záměrem přímo (prostorově, funkčně) kolidovaly. Záměr si vyžádá pouze omezení ploch zemědělské prvovýroby, které se ve správním obvodu obce Široký Důl v hojné míře nachází. Realizací záměru nebudou dotčeny pozemky určené k plnění funkcí lesa.

Místo určeno k výstavbě posuzovaného záměru se nachází mimo zvláště chráněná území velkoplošná i maloplošná (dle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny v platném znění), a rovněž není v interakci s lokalitami soustavy Natura 2000 (Evropsky významné lokality a ptačí oblasti). Jedním z limitů pro realizaci záměru je přesnější vymezení vůči prvkům ÚSES jak lokální tak regionální úrovně, protože tyto prvky (ať biocentra nebo biokoridory) jsou v území funkční nebo jsou v rámci územního plánu navrženy. V okolí místa plánované realizace záměru nebyly orgánem ochrany přírody registrovány VKP, a nenachází se zde ani VKP „ze zákona“, ani památný strom či stromořadí.

Dle kvality a čistoty ovzduší je možno území charakterizovat jako území s poměrně dobrou kvalitou ovzduší. Legislativou dané limity jsou plněny u všech sledovaných polutantů. Záměr jako takový se neprojevuje negativně na přítomných kulturních památkách a objektech evidovaných v ústředním seznamu kulturních památek. Tyto objekty se nacházejí zcela mimo zájmové území.

7 ZÁVĚR

Jak již bylo zmíněno v úvodu, pyrolýza je moderní a efektivní technologie, pomocí které lze rozložit i odpad, který je v normálních přírodních podmínkách nerozložitelný. Pyrolýzou lze energeticky využít téměř veškeré druhy odpadu, včetně komunálního odpadu, nemocničních odpadů, plastů a upotřebených pneumatik.

V rámci pyrolýzního procesu vznikne vysoce hodnotné plynné a kapalné palivo, které lze využít k výrobě elektrické energie v kogeneračních jednotkách, k vytápění nebo jako surovinu v rafineriích. Během procesu pyrolýzy je daný materiál zpracováván bez přístupu zplyňovacích médií, tedy vzduchu, kyslíku, resp. vodní páry. Emise škodlivých látek mají velmi nízké koncentrace, zejména se to týká toxických dioxinů a furanů (viz naměřené emisní hodnoty u zařízení PTR). Zařízení je tedy velmi šetrné k životnímu prostředí.

Výstavbou pyrolýzního zařízení získává každá obec nebo město moderní technologii, která je schopna energeticky zpracovat veškerý odpad, snížit náklady na likvidaci odpadu, vyrobit elektrickou energii a v neposlední řadě může také přispět ke zvýšení zaměstnanosti v dané lokalitě.

Pro realizaci záměru budoucí výstavby pyrolýzního zařízení Široký Důl byla zpracována případová studie – vybrané části dle přílohy č. 3 k zákonu č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů. Účelem zpracování části oznámení bylo posouzení konkrétních vlivů na životní prostředí. Během posuzování se vycházelo ze stávajících právních podkladů a předpisů a všech dostupných informací o zájmové lokalitě. Při zpracování části C oznámení nebyly zjištěny skutečnosti, které by měly za důsledek vyloučení případné realizace hodnoceného záměru (pyrolýzního zařízení) v posuzovaném katastrálním území Široký Důl.

Posuzovaný záměr má minimální dopad na životní prostředí, je možno jej minimalizovat, ale ne úplně vyloučit. Z hlediska ochrany životního prostředí a ochrany přírody a krajiny nejsou známy okolnosti, které by zabráňovaly realizaci předmětného záměru v posuzované lokalitě. Po komplexním zhodnocení všech možných dostupných podkladů o předpokládaném záměru i o současném stavu jednotlivých složek v životním prostředí lze konstatovat, že záměr budoucí stavby pyrolýzního zařízení Široký Důl lze doporučit k realizaci a je ekologicky přijatelný a vhodný.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Cornelissen T. et al.: Flash co-pyrolysis of biomass: The influence of biopolymers. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2009
- [2] PAVLÍK, Petr. *Pyrolýzní technologie* [online]. [cit. 2016-03-1]. Dostupné z: <http://zeleninj.cz/wp-content/uploads/sites/4/2015/11/Pyrol%C3%BDzn%C3%AD-technologie-Ing.-Petr-Pavl%C3%ADk.pdf>
- [3] Riedl R, Veselý V.: Technologie paliv. Praha: SNTL, 1962/2000/53/ES. EUR-Lex [online]. 2000 [cit. 2015-02-23]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0053-20130611&rid=1>
- [4] Carrier M., et al.: Comparison of slow and vacuum pyrolysis of sugarcane bagasse. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2011, 90, 12-26
- [5] PYTEC Thermochemische Anlagen, [online] 2005- 2009 [cit. 16. 1. 2011]. Dostupné z www: <http://www.pytec>.
- [6] Gerhartz W.: *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry* 5th ed. Weinheim: VCH, 1986. Volume A7. ISBN 3-527-20107-6
- [7] Mei-Kuei Lee: Pyrolysis of napiergrass in an induction-heating reactor. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2010, 88, 110-116
- [8] PICHTEL, John. *Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial*, [online]. 2. CRC Press, 2014 [cit. 2016-03-2].
- [9] BOXIONG, Shen, CHUNFEI, Wu: Pyrolysis of waste tyres: The influence of USY catalyst/tyre. 2007, vol. 78
- [10] COLOMBA, DI BLASI, SIGNORELLI GABRIELLA a REA GENNARO. *Product Distribution from Pyrolysis of Wood and Agricultural Residues: Industrial & Engineering Chemistry Research* [online]. 2008 [cit. 2016-03-2].
- [11] PHAN, Anh a Changkook RYU. *Characterisation of slow pyrolysis products from segregated wastes for energy production. : Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* [online]. 2008 [cit. 2016-03-2]. Dostupné z: <http://www.ncl.ac.uk/ceam/research/publication/185428>
- [12] KLAS, Donald L. *Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals: Biomass as an Energy Resource: Concept and Markets* [online]. 1998 [cit. 2016-03-3]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124109506500040>

- [13] RICHARD L., Smith. *Production of Biofuels and Chemicals* [online]. Tianjin, 2015 [cit. 2016-03-3]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B97801247159>
- [14] STREZOV, V. a J. LUCAS. *Thermal study of decomposition of selected biomass samples: Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* [online]. Tianjin, 2003 [cit. 2016-03-4]. ISSN 1388-6150. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1025003306775>
- [15] SLAVÍČEK, J. *Velký lékařský slovník: LeChatelierův princip* [online]. 2008 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/le-chatelieruv-princip>
- [16] WILLIAMS, Elizabeth A. a Paul T. WILLIAMS. *The pyrolysis of individual plastics and a plastic mixture in a fixed bed reactor: Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. [online]. 1999 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1097-4660\(199709\)70:1%3C106::AID-JCTB689%3E3.0.CO;2-L/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1097-4660(199709)70:1%3C106::AID-JCTB689%3E3.0.CO;2-L/abstract)
- [17] ELRODI, G. a G. LOPEZ. *Product distribution modelling in the thermal pyrolysis of high density polyethylene: Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. [online]. 2007 [cit. 2016-03-4]. ISSN 0304-3894. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/6469922_Product_distribution_modelling_in_the_thermal_pyrolysis_of_high_density_polyethylene
- [18] PEER, Ing. Václav a Ing. Pavel FRIEDEL. *Zplyňování: principy* [online]. 2016 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/13729-zplynovani-principy-a-reaktory>
- [19] GUI, juLi. *Effects of Catalysts on Pyrolysis and Liquefaction of Tannery Sludge* [online]. 2010 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/251941649_Effects_of_Catalysts_on_Pyrolysis_and_Liquefaction_of_Tannery_Sludge
- [20] HAYKIRI - ACMA, H. a S. KUCUKBAYRAK. *Fuel Processing Technology* [online]. 2010 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/229145091_Comparison_of_the_thermal_reactivities_of_isolated_lignin_and_holocellulose_during_pyrolysis
- [21] DEMIRBAS, Ayhan. *Pyrolysis of municipal plastic wastes for recovery of gasoline-range hydrocarbons: Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* [online]. 2004 [cit.

- 2016-03-4]. ISSN 0165-2370. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/274782778_Flotation_separation_of_waste_plastics_for_recycling-A_review
- [22] TSOU, Fengju, LIN KAE-LONG a Je-LueungSHIE. *Bioenergy and products from thermal pyrolysis of rice straw using plasma torch.: Bioresource Technology* [online]. 2010 [cit. 2016-03-4]. ISSN 09608524. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19766489>
- [23] ZÁRYBNICKÁ, Michaela. *Biomasa - obnovitelný zdroj energie* [online]. 2011 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: https://kke.zcu.cz/old_web/_files/projekty/enazp/13/IUT/063_Biomasa_-_Obnovitelný_zdroj_energie_-_Zarybnicka_-_P1.pdf
- [24] MELAAEN, G. a C. MORTEN. *Mathematical Model for Wood Pyrolysis Comparison of Experimental Measurements with Model Predictions: Energy Fuels* [online]. 2000 [cit. 2016-03-4]. ISSN 0887-0624. Dostupné z: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/59419>
- [25] FITE a.s. *Studie zařízení pro pyrolytický rozklad odpadů* [online]. 2010 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/36/10821-003_pyrolyza_i.pdf
- [26] EBARA.. *Fluid Handling division* [online]. 2011 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: <http://www.pumpsebara.com/operation-manuals>
- [27] ARENA, Umberto a Maria Laura MASTELLONE. *Pyrolysis and Gasification of Solid Wastes in Fluidized Bed Reactors* [online]. 2005 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: http://www.amracenter.com/doc/publicazioni/IFSA_2005_Arena_presentation.pdf
- [28] PRABIR, Basu. *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction.: Practical Design and Theory* [online]. San Diego, 2013 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=2-G0SaWM80oC&pg=PA324&lpg=PA324&dq=kobe+steel+pyrolysis&source=bl&ots=8jVK1wh6vP&sig=zLG6JJRJEn9b1cFvOUqKzrRklw8&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwjDs96k7MLLAhUn1XIKHYNMCrwQ6AEIZzAJ#v=onepage&q=kobe%20steel%20pyrolysis&f=false>

- [29] IGARASHI, M. a Y. HAYAFUNE. *Pyrolysis of Municipal Solid Waste in Japan: J. Energy Resour. Technol* [online]. Funabashi, 2009 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: <http://energyresources.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1412382>
- [30] SHEPHERD, Philip. *Data Summary of Municipal Solid Waste Management Alternatives: Pyrolysis and Gasification* [online]. California, 1992 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: <http://www.nrel.gov/docs/legosti/old/4988F.pdf>
- [31] STUDIO, ZLS. *Pirotex Pyrolýzní Úpravna: Recyklace a Využití Šrotu Pneumatik, Technické Pryže, Plastů* [online]. 2014 [cit. 2016-03-4]. Dostupné z: <http://www.tkomplex.ru/cs/products/pirotex>
- [32] WU, Chao-Hsiung; CHANG, Ching-Yuan; TSENG CHao-Heng; LIN, Jyh-Ping. *Pyrolysis product distribution of waste. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2003, vol. 67, no. 1, p. 41-53. ISSN 0165-2370. Dostupný též z: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1996\)122%3A4\(299\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9372(1996)122%3A4(299))
- [33] MANOS, George; YUSOF, Isman Y.; GANGAS, Nicolas H.; PAPAYANNAKOS Nikos. *Tertiary recycling of polyethylene to hydrocarbon fuel by catalytic cracking over aluminumpillared Clays. Energy Fuels*. 2002, vol. 16, no. 2, p. 485-489. ISSN 0887-0624. Dostupný též z WWW: doi:10.1021/ef0102364
- [34] ACHILIAS, D. S.; ROUPAKIAS, C.; MEGALOKONOMOS, O.; LAPPAS, A. A.; ANTONAKOU, E. V. *Chemical recycling of plastic wastes made from polyethylene (LDPE a HDPE) and polypropylene (PP). Journal of Hazardous Materials*. 2007, vol. 149, no. 3, p. 536-542. ISSN 0304-3894. Dostupný též z WWW: doi:10.1016/j.jhazmat.2007.06.076
- [35] AGUADO, J.; SERRANO, D. P. *Feedstock recycling of plastic wastes. RSC Clean Technology Monographs*. In Clark J. H. (ed.). Cambridge : The Royal Society of Chemistry, 1999. 192 p. ISBN 978-0-85404-531-0
- [36] WESTERHOUT, R. W. J., WAANDERS, J., KUIPERS J. A. M. AND VAN SWAAIJ, W. P. M. *Kinetics of the Low-Temperature Pyrolysis of Polyethylene, Polypropylene & Polystyrene Modeling, Experimental Determination, and Comparison with Literature Models and Data. Industrial & Engineering Chemistry Research*. 1997, vol. 36, no. 6, p. 1955-1964. ISSN 0888-5885. Dostupný též z WWW: doi:10.1021/ie960501m

- [37] CONESA FERRER, Juan Antonio. *Estudio de la pirólisis de residuosplásticos de polietileno y neumáticosusados*. TesisDoctoral. Alicante : University ofAlicante, 1996. 356 p. Dostupný též z WWW[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1996\)122%3A4\(299\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9372(1996)122%3A4(299))
- [38] HORVAT, Norbert; NG, Flora T. T. Tertiary polymer recycling: study of polyethylene thermolysis as a first step to synthetic diesel fuel. *Fuel*. 1999, vol. 78, no. 4, p. 459-470 ISSN 0016-2361. Dostupný též z WWW: doi:10.1016/S0016-2361(98)00158-6
- [39] CEAMANOS, J.; MASTRAL, J. F.; Millera, A.; Aldea, M. E. Kineticsofpyrolysisofhighdensitypolyethylene. Comparisonofisothermal and dynamicexperiments. *JournalofAnalytical and AppliedPyrolysis*. 2002, vol. 65, no. 2, p. 93-110. ISSN 0165-2370. Dostupný též z WWW: doi:10.1016/S0165-2370(01)00183-8
- [40] MASTRAL, J. F.; BERRUECO, C.; CEAMANOS, J. Modelling ofthepyrolysisofhighdensity polyethylene: Productdistribution in a fluidizedbedreactor. *JournalofAnalytical and AppliedPyrolysis*. 2007, vol. 79, no. 1-2, p. 313-322. ISSN 0165-2370. Dostupný též z WWW: doi:10.1016/j.jaap.2006.10.018
- [41] KULESZA, K.; GERMAN K. Chlorinatedpyrolysisproductsof co-pyrolysisofpoly(vinyl chloride) and poly(ethyleneterephtalate). *JournalofAnalytical and AppliedPyrolysis*. 2003, vol. 67, no. 1, p. 123-134. ISSN 0165-2370. Dostupný též z WWW: doi:10.1016/S0165-2370(02)00057-8
- [42] WILLIAMS Paul T.; BESLER, Serpil. The influence oftemperature and heatingrate on theslowpyrolysisofbiomass. *RenewableEnergy*. 1996, vol. 7, no. 3, p. 233-250. ISSN 0960-1481. Dostupný též z WWW: doi:10.1016/0960-1481(96)00006-7
- [43] LIU, Yirong; QIAN, Jialin; WANG, Jianqiu. Pyrolysisof polystyrene waste in a fluidizedbedreactor to obtain styrene monomer and gasoline fiction. *FuelProcessing Technology*. 2000, vol. 63, no. 1, p. 45-55. ISSN 0378-3820. Dostupný též z WWW: doi:10.1016/S0378-3820(99)00066-1
- [44] KRUSE, Todd M.; WOO, OhSang; BROADBELT, Linda J. Detailedmechanistic modeling of polymer degradation: application to polystyrene. *ChemicalEngineering*

- Science*. 2001, vol. 56, no. 3, p. 971-979. ISSN 0009-2509. Dostupný též z WWW: doi:10.1016/S0009-2509(00)00312-2
- [45] POHOŘELÝ, Michael; JEREMIÁŠ, Michal. (kolektiv autorů) Zplyňování biomasy – možnosti uplatnění. *Biom.cz* [online]. 2016-103-05 [cit. 2011-05-26]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovani-biomasy-moznosti-uplatneni>
- [46] HWANG, I.H.; Yokono, S.; Matsuto, T. Pretreatment of automobile shredder residue (ASR) for fuel utilization. *Chemosphere*. 2008, vol. 71, no. 5, p. 879-885. ISSN 0045-6535. Dostupný též z WWW: doi:10.1016/j.chemosphere.2007.11.035
- [47] ING. JEVIČ, Petr Csc. *Přehled pyrolýzních technologií pro zpracování biomasy a odpadů* [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://odpady.tf.czu.cz/p/pz.pdf>
- [48] Materiál *Proposal of Pyrolysis Plant* firmy Shangqiu Jinpeng Industrial Co., Ltd. 2015, 4 s.
- [49] LAPČÍK, Vladimír. Dokumentace ve smyslu přílohy č. 4 k zákonu č. 100/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, na záměr *Technologie energetického využití odpadu Tušimice*. Ostrava, říjen 2014. 127 s., 24 příloh, fotodokumentace (6).
- [50] LAPČÍK, Vladimír. *Posuzování vlivů termických metod energetického využití odpadů na životní prostředí*. In: XXI. Mezinárodní kongres a výstava Odpady - Luhačovice (sborník přednášek 2013, Luhačovice, 09.-12.09.2013). JOGA Luhačovice, s.r.o., září 2013, s.43 – 56. ISBN 978-80-904356-7-4.
- [51] DRLA, Michal. Předběžná technicko-ekonomická studie *Energetický zdroj (spalovna komunálního odpadu) Litvínov, Česká republika*. EKOL SPOL. S.R.O., BRNO, ÚNOR 2015. 45 s.
- [52] *Pardubický kraj: Územní studie a další podklady* [online]. 2011 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <https://www.pardubickykraj.cz/uzemni-studie/37104/plan-regionalniho-uses-pardubickeho-kraje>
- [53] *Široký Důl: Územní plán* [online]. 2013 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.policka.org/soubory/up-sirokydul/UP-Siroky-Dul-oduv.pdf>
- [54] *Cesty krajem: Pardubický kraj* [online]. 2010 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.cestykrajem.cz/katalog/dle-lokalit/objekty/policka/>
- [55] *Vysoký les: přírodní rezervace* [online]. 2014 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: (<http://www.landhaustyle.cz/news/vysoky-les-prirodni-rezervace/>)

- [56] GUTZEROVÁ, Naděžda. *Poličsko: V Bukách* [online]. 2011 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/v-bukach/>
- [57] *Kraj Vysočina: Nyklovický potok* [online]. 2011 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/v-bukach/>
- [58] *Přírodní park: Svratecká hornatina* [online]. 2014 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://prirodniparky.hys.cz/svratecka-hornatina/>
- [59] *Přírodní park: Údolí Křetinky* [online]. 2014 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.lesy.cz/o-nas/casopis-lesu-zdar/Stranky/prirodni-park-udoli-kretinky.aspx>
- [60] *Široký Důl: oprava silnice* [online]. 2011 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/8036599-Oprava-silnice-iii-35910-siroky-dul-oprava-silnice-je-spolufinancovana-ze-statniho-fondu-dopravni-infrastruktury-15-043-250-dos-30-3.html>
- [61] *Resort Životního prostředí: ZÁKON O OCHRANĚ PŘÍRODY A KRAJINY Č. 114/1992 SB.* [online]. 2012 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.nppodyji.cz/zakon-o-ochrane-prirody-a-krajiny>
- [62] *Natura 2000* [online]. 2016 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://zdarskevrchy.ochranaprirody.cz/cinnost-pracoviste/natura-2000/>
- [63] *FLÍDR s.r.o.: Data ze statistického úřadu* [online]. 2016 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://rejstrik-firem.kurzy.cz/60110813/flidr-sro/statisticky-urad/>
- [64] *Cenia: informace* [online]. 2015 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: http://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WOTE1NV9vem5hbWVuaURPQ183Mzk3NTI2NzI5MDk5MzU1MTc5LnBkZg/OV9155_oznameni.pdf
- [65] *ČHMI: 5 leté průměrné koncentrace* [online]. 2012 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/ozko_CZ.html
- [66] *Pardubický Kraj: Mapa půdních druhů* [online]. 2015 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/\\$FILE/OOOPK-Pardubicky_kraj-20131128.gif](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/pudni_mapy/$FILE/OOOPK-Pardubicky_kraj-20131128.gif)
- [67] *Široký Důl: geologická mapa* [online]. 2010 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50_2&y=619544&x=1097611&s=1

- [68] *Správa CHKO Žďárské vrchy* [online]. 2016 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z:
<http://www.zdarskevrchy.ochranaprirody.cz/index.php?cmd=page&id=882>
- [69] BUČEK, Antonín. *Krajinný ráz v období globalizace* [online]. 2016 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z:
https://is.muni.cz/el/1423/jaro2009/HEN414/um/7511024/7511084/Bucek-Krajinny_raz_v_obdobi_globalizace.pdf
- [70] *Široký Důl: Soupis památek* [online]. 2013 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z:
http://www.souispamatek.com/okres_policka/foto/sirokydul/sirokydul.htm
- [71] LAPČÍK, Vladimír. Posudek k dokumentaci o hodnocení vlivů na životní prostředí ve smyslu přílohy č. 5 k zákonu č. 100/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, na záměr „Závod na energetické využití komunálního odpadu Chotíkov (ZEVO Chotíkov)“. Vypracováno na vyžádání Krajského úřadu Plzeňského kraje. Ostrava, prosinec 2011. 98 s., fotodokumentace (2), přílohy (2).

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma procesu pyrolýzy u zařízení EBARA.....	12
Obrázek 2 Schéma vysoce efektivní dvoustupňové spalovací pece.....	13
Obrázek 3 Pyrolýzní zařízení XY-8 firmy Shangqiu Jinpeng Industrial Co., Ltd.	15
Obrázek 4 Rotační pyrolýzní pec zařízení XY - 8	16
Obrázek 5 Pyrolýzní zařízení XY-9 firmy Shangqiu Jinpeng Industrial Co., Ltd.	17
Obrázek 6 PTR jednotka - topný modul	25
Obrázek 7 PTR jednotka - chladicí modul	26
Obrázek 8 Schéma kogenerační jednotky a zařízení PTR	28
Obrázek 9 Jednotka Cento T200, Legenda: 1 - sekundární okruh - výstup, 2 - sekundární okruh - vstup, 3 - spaliny - výstup, 5 - vstup ventilačního vzduchu	30
Obrázek 10 pyrolýzní zařízení pana Dr. Inž. Marka Pilawského (rychlost zpracování 50 kg plastu za hod.).....	32
Obrázek 11 pyrolýzní zařízení pana Dr. Inž. Marka Pilawského (rychlost zpracování 100 kg plastu za hod.).....	33
Obrázek 12 Konstrukce rotační pyrolýzní pece	36
Obrázek 13 Plazmový reaktor u vysokoteplotního plazmového zplyňování	37
Obrázek 14 Poloha prvků ÚSES v širším okolí zájmové lokality	45
Obrázek 15 Výřez výkresu limitů využití území (ÚAP PLK).....	46
Obrázek 16 MZCHÚ ve výřezu mapy.....	48
Obrázek 17 Polohy hranic přírodních parků ve výřezu mapy	50
Obrázek 18 Památné stromy v širším okolí zájmového území	51
Obrázek 19 Poloha lokalit Natura 2000 v okolí zájmového území.....	54
Obrázek 20 Poloha ÚAN v okolí zájmového území	56

Obrázek 21 Poloha starých ekologických zátěží v okolí zájmového území.....	58
Obrázek 22 NO ₂ (roční průměrná koncentrace)	60
Obrázek 23 PM ₁₀ (roční průměrná koncentrace)	60
Obrázek 24 PM ₁₀ (36. nejvyšší 24 hodinová průměrná koncentrace).....	60
Obrázek 25 PM _{2,5} (roční průměrná koncentrace)	60
Obrázek 26 SO ₂ (4. nejvyšší 24 hodinová koncentrace)	60
Obrázek 27 Benzen (roční průměrná koncentrace)	60
Obrázek 28 Výřez z mapy klimatických regionů (Quitt, 1971).....	62
Obrázek 29 Rozsah rozlivu vodotečí v okolí zájmové ho území při Q ₁₀₀	64

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Pyrolytický rozklad organického materiálu v závislosti na teplotě [8]	5
Tabulka 2 Přehled pilotních zařízení.....	10
Tabulka 3 Získané produkty z pyrolýzy a jejich využití [31].	14
Tabulka 4 Přeměna produktů na jednotlivé zdroje [47]	23
Tabulka 5 Technické údaje kogenerační jednotky Cento T200 [49]	30
Tabulka 6 Technické údaje motoru TG 210 G5V TW 86[49]:	31
Tabulka 7 Garantované emisní koncentrace motoru TG 210 G5V TW 86[49].....	31
Tabulka 8 Záměr ZEVO Litvínov, základní parametry	34
Tabulka 9 Záměr ZEVO Litvínov, produkty, popílek a zbytky.....	34
Tabulka 10 Záměr ZEVO Litvínov, energie, spotřeba.....	34
Tabulka 11 Základní parametry parního generátoru regenerace tepla (HRSG).....	38
Tabulka 12 Naměřené emisní hodnoty u zařízení PTR 1000 (společnosti HEDVIGA, spol. s.r.o.) 18. 10. 2012, O ₂ = 5%	40
Tabulka 13 Naměřené emisní hodnoty u zařízení PTR 1000 (společnosti HEDVIGA, spo. s.r.o.) 23. 01. 2013, O ₂ = 11%	41
Tabulka 14 Naměřené emisní hodnoty u zařízení PTR 1000 (společnosti HEDVIGA, spo. s.r.o.) 03. 06. 2013, O ₂ = 11%	41
Tabulka 15 Přehled prvků ÚSES v rámci ÚP Široký Důl	43
Tabulka 16 Památné stromy vyhlášeny na území ORP	51
Tabulka 17 Hodnoty znečištění ovzduší dle pětiletých průměrů (2009-2014)	59
Tabulka 18 Charakteristika makroklimatických poměrů v zájmovém území.....	61
Tabulka 19 Průměrné měsíční a roční dlouhodobé teploty v zájmovém území (°C)	62
Tabulka 20 Průměrné měsíční a roční dlouhodobé srážky (mm).....	62
Tabulka 21 Přehled významných zdrojů nad 20 l/s.....	65